

A detailed illustration of a squirrel with grey and white fur, sitting on a brown branch. The squirrel is facing left, with its tail curled behind it. The background is a simple, light-colored surface.

local zones	CK95	stage	Age (Ma)	CK95	MN zones
D	CSBr	middle	16	CSBr	MN5
C	CSCn	lower		CSCn	MN4
B	CSCr	?	17	CSCr	?
	CSDn			CSDn	
	CSDn	upper	18	CSDn	
	CSDn	middle		CSDn	
	CSDn		19	CSDn	MN3
	CSDn			CSDn	
	CSDn	lower	20	CSDn	
	CSDn			CSDn	

★ Javier Murelaga Bereicua (UPV/EHU)
Juan Cruz Larrasoña Gorosquieta (IGME)

Carlos Sancho Marcén
(Universidad de Zaragoza)

Índice

Resumen	3
Abstract	3
I. Introducción.....	4
II. Antecedentes	6
III. Objetivos	8
IV. Marco geográfico y geológico	9
Situación geográfica	9
Situación geográfica de los yacimientos.....	11
Marco geológico	12
Introducción.....	12
Unidades litoestratigráficas	12
V. Materiales y métodos	18
Técnicas de campo.....	18
1. Prospección y recogida de sedimento	18
2. Lavado de sedimento	19
3. Correlaciones litoestratigráficas.....	20
Técnicas de laboratorio	20
1. Tratamiento de los concentrados.....	21
2. Triado de los concentrados.....	21
Técnicas de gabinete	22
1. Montado y siglado de las muestras	22
2. Nomenclatura utilizada	22
3. Técnicas métricas y descriptivas	23
4. Biocronología y biozonaciones	24

VI. Consideraciones tafonómicas	26
VII. Paleontología sistemática	27
Generalidades de los micromamíferos	27
Orden Rodentia	28
Familia Gliridae	28
Género <i>Vasseuromys</i>	29
Familia Cricetidae.....	36
Género <i>Megacricetodon</i>	37
Género <i>Democricetodon</i>	38
Familia Sciuridae.....	40
Género <i>Heteroxerus</i>	41
Orden Eulipotyphla	42
Familia Erinaceidae.....	43
Género <i>Galerix</i>	43
Familia Soricidae.....	44
Género <i>Miosorex</i>	44
Orden Lagomorpha.....	45
VIII. Resultados y discusión	48
Bioestratigrafía	48
Calibración magnetoestratigráfica	48
Paleoecología	51
IX. Conclusiones	53
X. Agradecimientos	54
XI. Bibliografía	56

Resumen

En el presente trabajo se presentan cinco nuevos yacimientos de microvertebrados del Mioceno inferior-medio de las Bardenas Reales de Navarra (Cuenca del Ebro). Uno de ellos se describe en profundidad y se hace un conteo de los taxones de micromamíferos representados en él. Así, se identifican los siguientes grupos taxonómicos: *Vasseuromys cristinae*, *Democricetodon* aff. *hispanicus*, *Megacricetodon* aff. *primitivus*, *Heteroxerus rubricati*, *Galerix* sp., *Miosorex* sp. y Ochotonidae indet.

Con esos nuevos datos paleontológicos se asigna al yacimiento de Loma Negra una edad correspondiente a la biozona C (MN4). Las dos series estudiadas (Loma Negra y Punta de la Negra) se correlacionan litoestratigráficamente con las series de Pico del Fraile y Sancho Abarca, que ya tiene datos magnetoestratigráficos (Larrasoña *et al.*, 2006).

Mediante la asociación faunística se concluye que en este periodo de tiempo las condiciones paleoambientales debían ser húmedas, puesto que hay organismos que se asocian a zonas húmedas. Esto concuerda con los datos de la curva de temperatura y humedad obtenida mediante las proporciones relativas de roedores en otras cuencas de la Península Ibérica.

Abstract

In this work we present five new localities of microvertebrates from the lower-middle Miocene of Bardenas Reales de Navarra (Ebro Basin). One of them is described in detail, and made a counting of the represented mammal species. Thus, we identify the following taxa: *Vasseuromys cristinae*, *Democricetodon* aff. *hispanicus*, *Megacricetodon* aff. *primitivus*, *Heteroxerus rubricati*, *Galerix* sp., *Miosorex* sp. and Ochotonidae indet.

With these new paleontological data is assigned to the site of Loma Negra an age corresponding to the biozone C (MN4). The two series studied (Loma Negra and Punta de la Negra) correlate lithologically with the series of Pico del Fraile and Sancho Abarca, which already has magnetostratigraphic data (Larrasoña *et al.*, 2006).

By faunistic association is concluded that in this period of time the conditions should not be humids. This agrees with the data of temperature and humidity curve obtained by the relative proportions of rodents in other basins of the Iberian Peninsula.

I. Introducción

El establecimiento de un marco biocronológico fiable y robusto basado en mamíferos es indispensable para el estudio de cambios faunísticos y ambientales que se producen en las zonas continentales. Esto, a su vez, es importante para situar tales variaciones en el mismo marco cronoestratigráfico que los de medios marinos y, así, correlacionarlos, para mejorar la comprensión del cambio global en respuesta a las variaciones climáticas (Larrasoña *et al.*, 2006). Dicha calibración en Europa occidental está considerablemente bien establecida en el Mioceno superior, en cambio, la presencia de fallas y la falta de yacimientos, ha comprometido los estudios magnetoestratigráficos en la localidad tipo del Ramblense en la Cuenca de Calatayud-Daroca, en España (Larrasoña *et al.*, 2006). El registro de mamíferos difiere de los registros de invertebrados marinos en que el registro continental, generalmente, no es tan continuo, y los diferentes yacimientos de mamíferos no suelen presentar una correlación estratigráfica, por ejemplo, los yacimientos de origen kárstico. Además, en los medios continentales las barreras biogeográficas son más abundantes, lo que influye en que la aparición de micromamíferos en diferentes áreas geográficas suele ser diacrónica y hace que un mismo intervalo temporal en diferentes áreas, esté representado por diferentes especies. Los yacimientos de micromamíferos más ricos se encuentran en los yacimientos kársticos, mientras que los de secuencias lacustres no son tan ricos, pero tienen un mayor control estratigráfico (Gradstein *et al.*, 2004). De este modo, los sedimentos de origen fluvio-lacustres de la Formación Tudela aflorantes en las Bardenas Reales de Navarra (sector occidental de la Cuenca del Ebro) presentan unas características idóneas para estudios biocronológicos, debido a la continuidad de la serie y la presencia de yacimientos de microvertebrados en diferentes niveles estratigráficos.

De todos los pisos continentales del Neógeno europeo, aquellos para los cuales todavía no se dispone de una calibración fiable son los pertenecientes al Mioceno inferior (Ageniense y Ramblense) y su tránsito al Mioceno medio (Aragoniense). Esto se debe a que las series estudiadas se encuentran en cuencas continentales de pequeña extensión, lo que hace que cualquier reactivación tectónica genere importantes hiatos en la serie. Otra razón importante es la escasez de afloramientos con buena exposición y sin coberteras vegetales importantes como es el caso de las series molásicas alpinas. En las Bardenas Reales de Navarra nos encontramos biogeográficamente en una zona central de la Cuenca del Ebro, lo que hace que la tectónica, que afecta sobre todo a los bordes de la cuenca, tenga una influencia menor en la zona central, por lo que los hiatos son menos probables en este área. Por esto la Formación Tudela presenta una serie de gran continuidad estratigráfica que cubre desde el Ageniense hasta el Aragoniense. Además la excepcionalidad de los afloramientos permite la realización de muestreos continuos a lo largo de toda la serie. Estas condiciones hacen que el área de las Bardenas Reales de Navarra sean una zona interesante para el estudio del Mioceno inferior-medio, y por esta razón en los últimos años se están llevando a cabo diversos trabajos con el fin de resolver la calibración

magnetobiocronológica de este intervalo temporal (Murelaga, 2000; Murelaga *et al.*, 2002, 2004a, 2004b; Larrasoña *et al.*, 2006; Ruiz-Sánchez *et al.*, 2010). En la actualidad los depósitos más jóvenes de la Formación Tudela todavía están en fase de estudio (Ruiz-Sánchez *et al.*, 2012a, 2012b y en prensa). En este trabajo se presentan varios niveles con restos de microvertebrados que complementan todos estos trabajos que se están llevando a cabo.

Por otro lado, el estudio de los micromamíferos aporta información paleoambiental y paleoclimática en entornos de sedimentación continental. Dependiendo del ecosistema que se dé en un lugar determinado las asociaciones de micromamíferos pueden variar. Estas variaciones se relacionan con cambios de la vegetación, así algunos taxones se asocian a zonas boscosas y húmedas y otros a zonas abiertas y áridas. Este registro paleoecológico unido a una buena cronología, aporta información acerca de la evolución de los cambios paleoambientales acaecidos en el pasado, y de allí pueden extrapolarse cambios paleoclimáticos.

II. Antecedentes

Los primeros fósiles de vertebrados de la Cuenca Terciaria del Ebro son citados por Ezquerro del Bayo en 1850 y corresponden a restos de una tortuga, atribuida al género *Trionyx*, encontrados en las cercanías de Tudela (Navarra). Diez años más tarde, Aranzazu (1860) daría a conocer los primeros fósiles de un mamífero en esta cuenca, describiendo los restos de un cráneo de rinoceronte de las cercanías de Briviesca (Burgos). Posteriormente, el hallazgo más importante fue el que realizó a principios del siglo XX el padre Lacarra en el pueblo navarro de Monteagudo (Lacarra, 1919 y 1920) y que posteriormente fue estudiado por Ruiz de Gaona (1946) y por Astibia *et al.* (1985). Yacimiento que hasta hace poco ha sido el que más restos de vertebrados del Mioceno ha dado en este sector de la Depresión del Ebro. Desde entonces hasta la década de los setenta destacan los trabajos de Crusafont *et al.* (1966a y 1966b), en los que se describen asociaciones faunísticas del Mioceno inferior de Huesca, Navarra y La Rioja. En las cuatro últimas décadas se han realizado numerosos estudios paleontológicos en la Cuenca del Ebro. El trabajo de Cuenca *et al.* (1992) dio a conocer nuevas localidades fosilíferas y recopiló los trabajos publicados y yacimientos descritos en la Cuenca del Ebro hasta entonces. En los últimos 15 años se está trabajando intensamente en la zona de Bardenas Reales de Navarra, habiéndose encontrado diversos enclaves con restos de mamíferos.

En las Bardenas Reales de Navarra y áreas colindantes se han descrito diversos yacimientos con restos de vertebrados que cubren el intervalo temporal que va desde la biozona Y hasta la biozona F/G.

En la biozona Y se encuentra el yacimiento de Cuesta Agujeros 2 (Ruiz-Sánchez *et al.* en prensa). En la biozona Z se encuentran los yacimientos de Cabezo de la Junta (Murelaga, 2004a) y Cabezo Marijuan (Murelaga, 2004b). En la biozona A se encuentran los yacimientos descritos por Murelaga (2000) de Nasa 1, 2, 3 y 5; Rincón del Bú, Barranco de Tudela 1, 2 y 3; Cabezo Vaquero y Barranco del Fraile. Mediavilla y Marga 1 descritos por Cuenca (1992) y Pico del Fraile 1 citado por Larrasoana *et al.* (2006). A la biozona B-C pertenece el yacimiento de las Yeseras de Monteagudo (Ruiz de Gaona *et al.*, 1946 y Astibia *et al.*, 1985). En la biozona D está el yacimiento clásico de Tarazona de Aragón (Astibia, 1986) y los recientemente descubiertos de Pico del Fraile 2 y Sancho Abarca 5 (Ruiz-Sánchez *et al.*, 2012a, b y en prensa). En el Portillo de Santa Margarita Cuenca (1992) da a conocer el yacimiento Marga 3 que lo sitúa entre las biozonas D y E. En la biozona E se encuentra el yacimiento de Peña Melero 20 (Murelaga *et al.*, 2008) y en la biozona F-G los yacimientos de Peña Melero 30 (Murelaga *et al.*, 2008), El Buste (Azanza, 1986) y La Ciesma (Azanza, 1986).

Los yacimientos de Portillo de Santa Margarita (Marga 1 y Marga 3, Cuenca *et al.*, 1992) pueden estar relacionados con los estudiados en este trabajo. El yacimiento de Marga 1 se sitúa muy cerca de la carretera de Ejea de los Caballeros y la asociación representada en ella indica una edad Ramblense (biozona MN3). El nivel de Marga 3 se sitúa en el camino que sube

de Ejea de los Caballeros hacia la Plana Negra (Cuenca, com. pers.) y lo ubica entre las biozonas D y E. Aunque no conozcamos su ubicación exacta es muy posible que se trate de algún nivel de la sección de Loma Negra.

En cuanto a la Geología, se han realizado diversos trabajos, relacionados en su mayoría con los depósitos evaporíticos y relaciones tectosedimentarias. Se podrían citar: Mallada (1882), Sáenz (1931 y 1942), Hernández Pacheco (1949), Solé Sabaris (1954), Alastrué (1958), González y Galán (1984), Gracia (1985), Gracia *et al.* (1986), Pérez (1989), Mandado y Tena (1989), Salvany (1989), Pérez *et al.* (1989), Villena *et al.* (1992) Villena *et al.* (1996), Pérez y Villena (1996), Arenas & Pardo (1999) y Alonso Zarza *et al.* (2002).

En lo que a la magnetoestratigrafía se refiere, la calibración cronológica del Neógeno continental de Europa occidental está considerablemente bien establecida hasta el Aragoniense, en el Mioceno medio. Esto se debe a diferentes estudios de magnetoestratigrafía en las Cuencas ibérica y alpina (Agustí, 2001). Debido a la falta de series continuas de edad Ramblense en la mayoría de las cuencas de la Península Ibérica y la presencia de fallas que impiden la continuidad de ellas, los sedimentos continentales de la Formación Tudela (aflorantes en las Bardenas Reales de Navarra) han sido objeto del estudio realizado en 2006 por Larrasoña *et al.* Con el fin de proponer una calibración magnetobiocronológica a este intervalo de edad. Sobre la Cuenca del Ebro Agustí *et al.* (2011) publicaron un trabajo centrado en el límite Ramblense-Aragoniense, de las Formaciones Zaragoza y Alcubierre y sitúan ese límite en torno a los 17 Ma, con solo dos yacimientos para calibrarlo.

Respecto a la inferencia de las condiciones paleoclimáticas mediante micromamíferos, Van de Weerd y Daams (1978) fueron los primeros que fijaron su atención en la construcción de una escala paleoecológica basada en la sucesión de faunas de micromamíferos de la Península Ibérica. Posteriormente, Daams y Van der Meulen (1989) y Van der Meulen y Daams (1992) hicieron una interpretación paleoecológica más detallada. Las condiciones paleoambientales pueden relacionarse con la abundancia y / o presencia de taxones de micromamíferos (Daams, 1997), y para ello solo se emplean los roedores. Los grandes mamíferos no fueron considerados, ya que los datos en este grupo son relativamente escasos.

III. Objetivos

En este trabajo se pretende realizar un estudio bioestratigráfico de la Formación Tudela en la sección de Loma Negra (Bardenas Reales de Navarra, Cuenca del Ebro) y correlacionarlo con la sección de Pico del Fraile y Sancho Abarca.

Se pretende localizar niveles con restos de microvertebrados que estratigráficamente estén situados por debajo del yacimiento de Pico del Fraile 2. De esta manera se pretende poder afinar la ubicación del límite Ramblense-Aragoniense, y dentro del Aragoniense los límites entre las biozonas B, C y D.

Realizar el estudio paleontológico de los niveles fosilíferos encontrados. Una vez realizado el estudio, con los datos obtenidos, primero, se pretende ubicar bioestratigráficamente dichos yacimiento y, posteriormente, realizar una aproximación paleoecológica mediante las afinidades ecológicas de la asociación de micromamíferos encontrada.

Al correlacionar litoestratigráficamente los niveles fosilíferos encontrados con series que disponen de una magnetoestratigrafía se podrá aportar información bioestratigráfica que ayude en la calibración de los pisos continentales (Ramblense-Aragoniense) y las biozonas locales (A, B, C y D) del Mioceno inferior-medio.

Los datos paleoecológicos que se pretende obtener de los yacimientos estudiados aportará información sobre la evolución climática a lo largo del Mioceno inferior-medio.

IV. Marco geográfico y geológico

Situación geográfica

Las Bardenas Reales de Navarra se encuentran en el extremo SE de la Comunidad Foral de Navarra. Las Bardenas tienen una superficie de 42.500 Ha., siendo su extensión máxima de Norte a Sur de 45 km y la máxima de Este a Oeste de unos 24 km (fig. 1). Limita con los municipios navarros de Carcastillo, Santacara, Mélida, Murillo el Cuende, Rada, Caparroso, Villafranca, Cadreita, Valtierra, Arguedas, Tudela, Cabanillas, Fustiñana y Buñuel y con los municipios aragoneses de Tauste, Ejea y Sádaba. No pertenece a ninguna población concreta, ya que es un terreno comunal del que son congozantes los municipios navarros de Tudela, Valtierra, Arguedas, Cascante, Carcastillo, Fustiñana, Cadreita, Caparroso, Buñuel, Cabanillas, Mélida, Villafranca, Monasterio de la Oliva, Corella, Milagro, Santacara, Cortes, Marcilla, Peralta, Funes, Falces y los valles pirenaicos del Roncal y Salazar (Murelaga 2000).

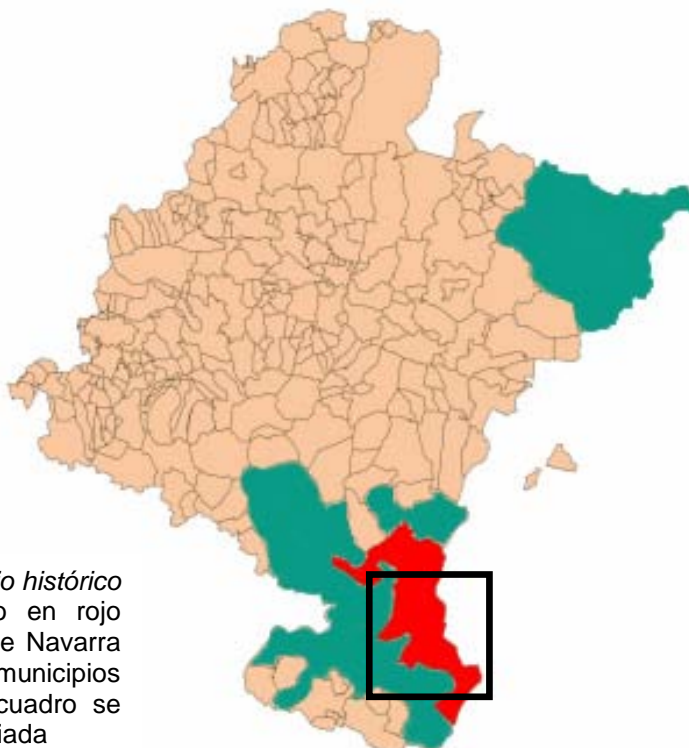


Fig. 1: Mapa del *territorio histórico* de Navarra. Coloreado en rojo Las Bardenas Reales de Navarra y de color turquesa los municipios congozantes. En el recuadro se encuentra la zona estudiada

Los yacimientos estudiados en este trabajo se encuentran en la zona sur de Bardenas, en el entorno conocido como Bardena Negra. En ella se ha trabajado en la Plana Negra, concretamente en dos zonas, que se han denominado Loma Negra y Punta de la Negra, debido a su cercanía a estos topónimos (fig. 2).

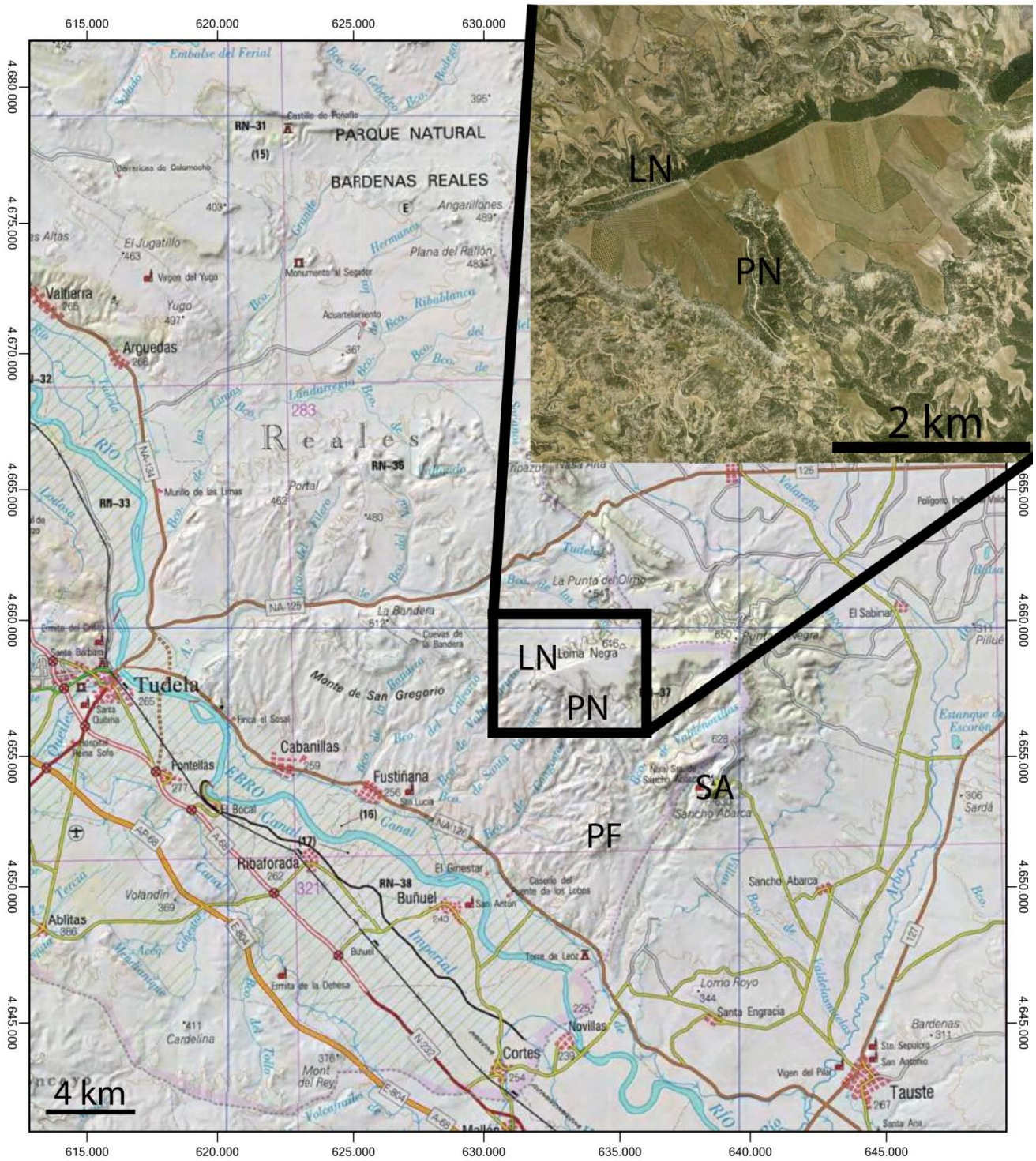


Fig. 2: Mapa geográfico de la zona estudiada y fotografía de satélite. En el recuadro y ampliado la zona de estudio. **LN:** Loma Negra (Navarra), **PN:** Punta de la Negra (Navarra), **PF:** Pico del Fraile (Navarra) y **SA:** Sancho Abarca (Aragón). Tomado de Sigpac.

Situación geográfica de los yacimientos estudiados

Loma Negra (LN)

Se accede a este yacimiento por la carretera NA-125 (dirección Valareña), que sale de la carretera NA-134, que comunica Arguedas con Tudela. Unos 10 km después del cruce entre la NA-125 y la NA-134, antes de llegar al Portillo de Santa Margarita, hay que tomar un pequeño camino empedrado a la derecha, que se dirige hacia el SE. A unos 3 km siguiendo esa dirección hay que desviarse hacia el este y tras 2 km. girar hacia el S. Es un camino que está señalizado como recorrido BTT número 6, y que nos llevará hasta la Plana de la Negra. La sección de Loma Negra tiene una dirección E-W y tiene como 1 km de ascensión, donde, en la parte alta, a pie de camino, se encuentra el yacimiento LN.

- Las coordenadas U.T.M. del yacimiento de Loma Negra son:

LN:
30T 0633140E
4658461N

Punta de la Negra 2, 3, 4 y 5 (PN2, PN3, PN4 y PN5)

También denominado como Punta de Riantón, se accede a esta serie por el mismo camino que a LN, pero hay que continuar la pista, atravesando la Plana Negra en dirección SE, durante 1 km, y se llega a la parte alta de la serie de Punta de la Negra.

- Las coordenadas U.T.M. de los yacimientos de Punta de la Negra son:

PN2:
30T 0633857E
4657713N

PN3:
30T 0633839E
4657788N

PN4:
30T 0633819E
4657862N

PN5:
30T 0633816E
4657888N

Marco geológico

Introducción

La cuenca continental terciaria del Ebro empezó a funcionar en el Eoceno superior. Debido al choque de la placa Ibérica con la Europea, se generaron relieves como los Catalánides (al SE), los Pirineos (al N) y la Cordillera Ibérica (al SW) formándose así una cuenca endorreica en la que se acumularon depósitos provenientes de la erosión de dichos relieves. La sedimentación duró hasta el Mioceno superior, y fue entonces cuando la cuenca se abrió por los Catalánides, dando lugar al nacimiento del río Ebro y el comienzo de la erosión del material acumulado desde el Eoceno superior, evolucionando, posteriormente, hasta modelar el paisaje actual (Murelaga 2000).

Las zonas estudiadas en el presente trabajo se ubican en el Borde Noroccidental de la cuenca continental terciaria del Ebro (fig. 3), en donde se pueden encontrar depósitos aluviales, lacustres y palustres de edad Eoceno medio-Mioceno superior, que en las zonas con más depósito alcanzan los 5.000 metros de potencia (Riba, 1964).

Unidades litoestratigráficas

Los materiales más antiguos de la zona son los depósitos evaporíticos denominados "Yesos de Los Arcos" (Riba, 1964), y forman parte de la unidad superior de la "Formación Lerín". Tienen una gran extensión lateral, superior a 80 km, encontrándose desde las Bardenas hasta las inmediaciones de la Sierra de Codés (Faci *et al.*, 1997). En esta región esta formación aflora por debajo de la Formación Tudela, mostrando espesores que oscilan entre los 20 y los 250 metros. Litológicamente la Formación Lerín está constituida por yesos estratificados, de facies laminadas o nodulares, así como por arcillas de tonos grises o rojizos que forman intercalaciones de poco espesor (Salvany, 1989). Sedimentológicamente estos materiales representan el momento de mayor expansión lacustre de la Formación Lerín, ocupando toda la zona meridional de la Ribera Navarra y buena parte de la Rioja Baja (Yesos de Autol, Arrabal, Pradejón, Calahorra). Este lago salino, alargado con dirección SE-NO, representa el final de los grandes depósitos lacustres del Terciario de Navarra. En el área de las Bardenas siguen aflorando sedimentos lacustres más modernos, pero con desarrollo lateral más restringido. El cese de los dispositivos evaporíticos en Navarra se relaciona con el levantamiento del sector NO de la Cuenca del Ebro, que provocó la migración del depocentro y de estas facies lacustres hacia el SW, dando lugar a los depósitos evaporíticos de los Monegros (Murelaga 2000).

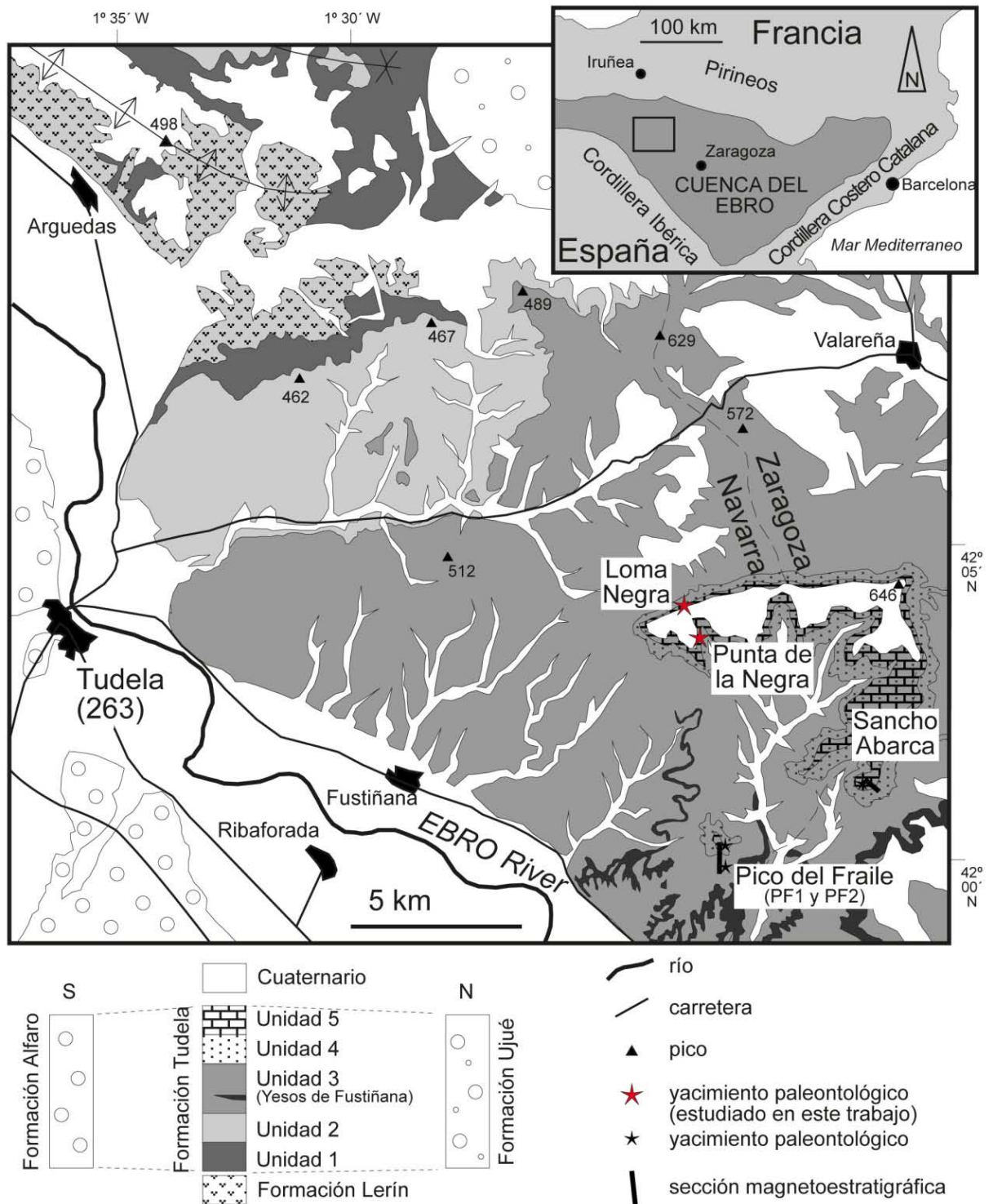


Fig. 3: Mapa geológico de la zona estudiada. Los yacimientos estudiados en este trabajo se presentan con estrellas rojas (Loma Negra y Punta de la Negra). Con estrellas negras se han representado los yacimientos a los que se les hace referencia a lo largo de la memoria (Sancho Abarca y Pico del Fraile). Modificado de Larrasoana (2006).

La Formación Tudela, que alberga la mayor parte de los sedimentos que se encuentran tanto en las Bardenas como en las zonas colindantes, está situada estratigráficamente justo por encima de los Yesos de los Arcos, anteriormente descritos. La edad de esta formación está comprendida entre los pisos Ageniense, Rambliense y Aragoniense inferior del Mioceno inferior (Crusafont *et al.*, 1966a y Astibia *et al.*, 1995). Está constituida principalmente por arcillas de tonalidades rojas, ocre, grises y beige, entre las cuales se intercalan capas de caliza lacustre, areniscas y yesos. La Formación Tudela se interpreta como el relleno sedimentario de la parte central de la Cuenca Navarro-Riojana durante el Rambliense y el Aragoniense por facies aluviales distales, provenientes de los márgenes elevados -Pirineos e Ibérica- y de facies palustres o lacustres (fig. 4).

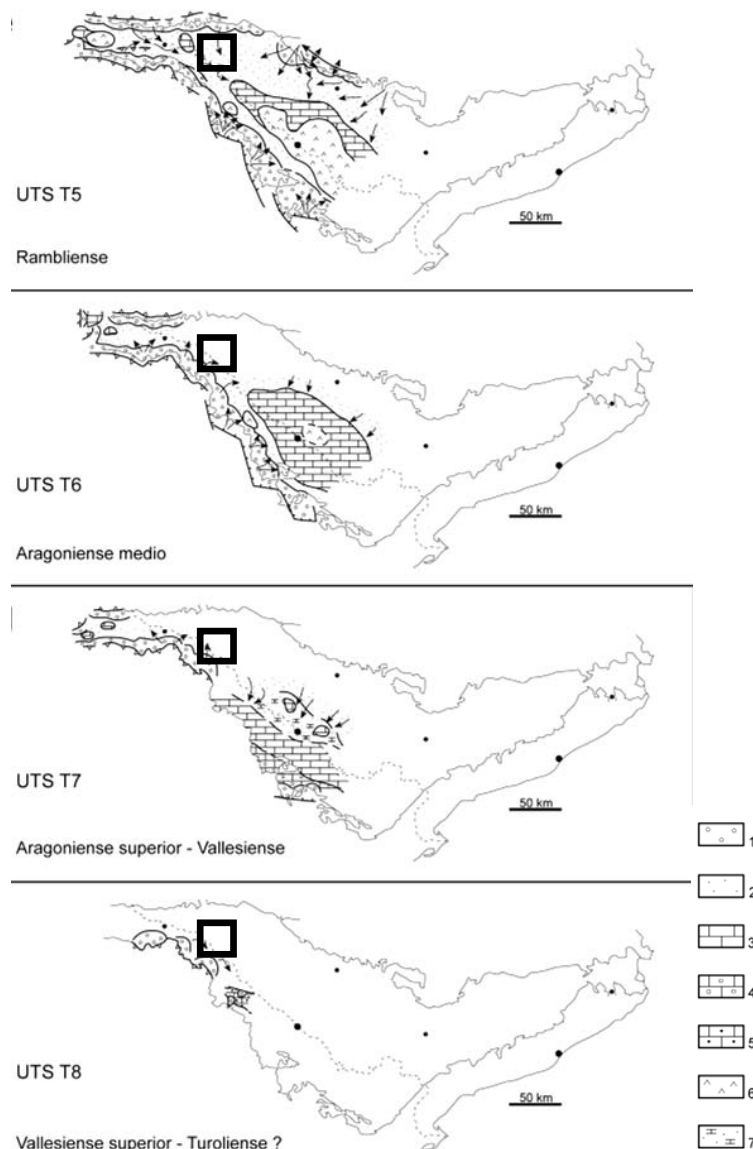


Fig. 4: Evolución de los ambientes sedimentarios de la Cuenca del Ebro desde el Rambliense hasta el Vallesiense superior. **1:** sectores proximales de abanicos fluviales y aluviales; **2:** sectores distales de abanicos fluviales y aluviales y abanicos deltaicos; **3:** sistemas lacustres y palustres carbonatados; **4:** sistemas lacustres con afinidad marina; **5:** sistemas fluviolacustres; **6:** sistemas lacustres evaporíticos; **7:** área de expansión-retracción de los sistemas lacustres. En el recuadro se encuentra la zona estudiada. Modificado de Pardo *et al.* (2004).

Cabe destacar que el carácter carbonatado de la Formación Tudela varía lateralmente. A medida que nos alejamos en dirección NE, la sedimentación de areniscas y lutitas va aumentando, mientras que disminuye la producción de carbonatos, hasta llegar a las facies aluviales proximales, representadas por los conglomerados del Perdón y que caracterizan la Formación Ujué.

Hacia el SSW la Formación Tudela pasa lateralmente a las Facies fluviales de Alfaro, Facies fluviales de Cascante y Conglomerados de Fitero. Estas tres unidades forman lo que se denomina Formación de Fitero, que representa materiales fluviales y aluviales de drenaje hacia el E y SE, y que provienen de la Cordillera Ibérica (Muñoz *et al.*, 1986 y Muñoz 1991). La unidad de Alfaro, lateralmente equivalente a la Formación Tudela, representa las facies distales del abanico de la Formación Fitero. Litológicamente, está constituida por una unidad lutítica de color rojo, con intercalaciones de arenisca y limo y, de forma esporádica, de capas de yeso y caliza. La Unidad de Cascante engloba las facies intermedias entre la orla distal (Unidad de Alfaro) y la orla proximal (Unidad de Fitero) y están formadas por depósitos de arcillas, limos y areniscas, con algunos conglomerados e incluso alguna capa de caliza con sílex. La unidad de los Conglomerados de Fitero se encuentra apoyada discordantemente sobre los materiales Mesozoicos de la Cordillera Ibérica y presenta una asociación de conglomerados, arenisca y limos de colores rojizos (Pérez y Muñoz, 1985).

Basándose en correlaciones estratigráficas, Larrasoña *et al.* (2006) distinguen las siguientes cinco unidades dentro de la Formación Tudela (fig. 5):

La Unidad 1, con una potencia de 132,5 m, se compone principalmente de lutitas marrones, rojas, ocre y amarillas, y areniscas. Las areniscas aparecen como niveles delgados y de aspecto laminar distribuidos a lo largo de la unidad o como canales asociados a lutitas rojas y marrones. Aparecen algunas capas de calizas intercaladas a lo largo de la unidad, asociadas, ocasionalmente, a lutitas grises y rosadas.

La Unidad 2, con una potencia de 94,5 m, se compone predominantemente de lutitas grises, amarillas y ocre con intercalaciones de calizas de color beige que pueden llegar hasta los 2 m de espesor y concentrarse en dos grupos principales situados en la base y la parte superior de la unidad. Las calizas son a menudo masivas y bioturbadas, y contienen gasterópodos, ostrácodos y carófitos.

La Unidad 3, con 260 m. de potencia, se compone de lutitas amarillas, rojas y grises con intercalaciones de calizas y areniscas. Las calizas y areniscas son generalmente delgadas y aparecen distribuidas por toda la unidad. La parte superior de la unidad incluye los “Yesos de Fustiñana”, que tienen 7 m de espesor.

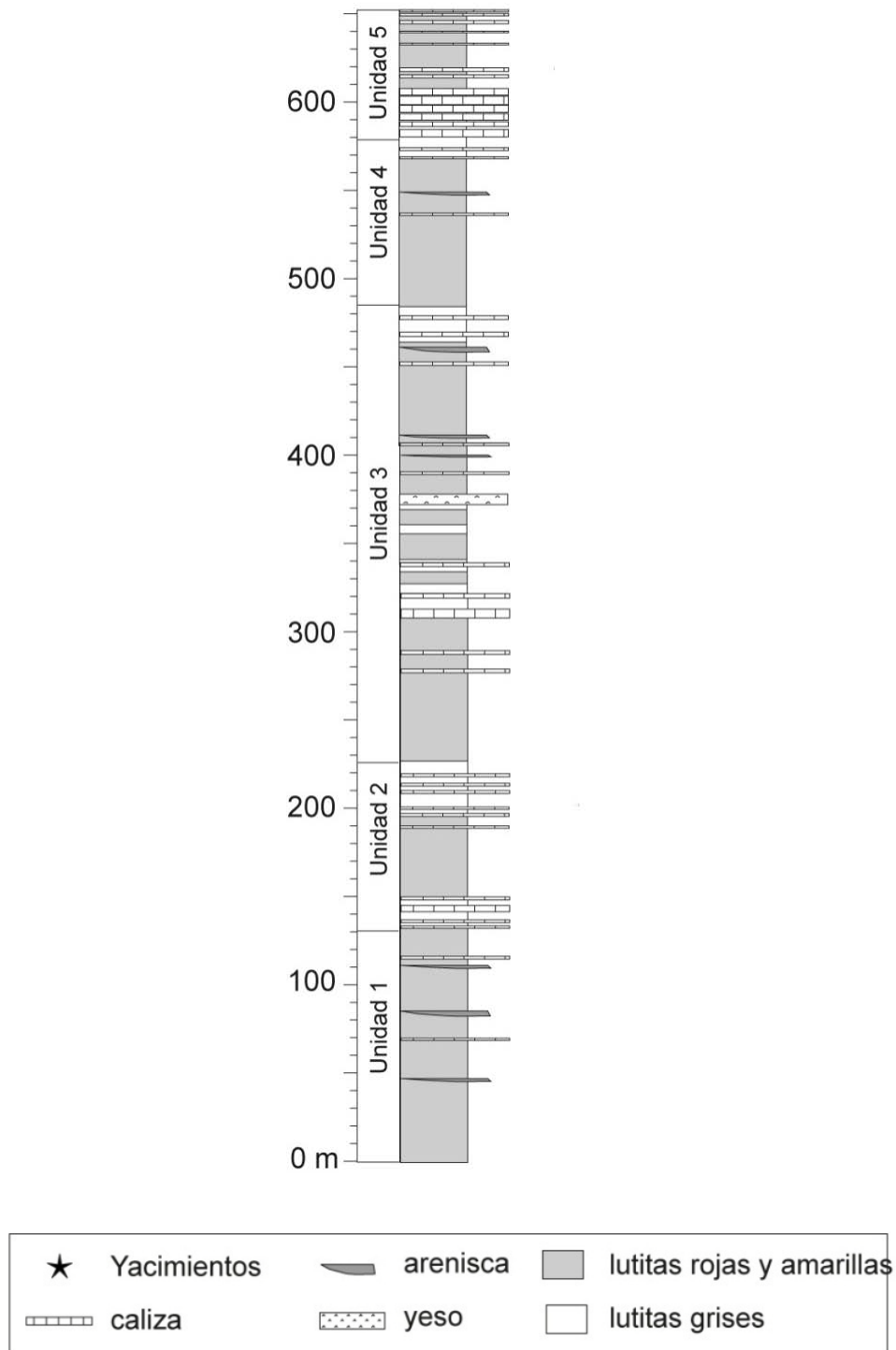


Fig. 5: Columna estratigráfica sintética de la Formación Tudela. Modificado de Ruiz-Sánchez *et al.* (2012a).

La Unidad 4, con una potencia de 96,4 m, se compone principalmente de lutitas rojas, marrones, ocre y amarillas con abundantes areniscas y algunas calizas de manera ocasional, que se encuentran en los niveles más altos. Las areniscas aparecen como delgadas capas dispersas por toda la sección o como canales.

La Unidad 5, con 71,5 m. de potencia, está compuesta por calizas de color gris y beige, con intercalaciones de lutitas finas en los 20 m inferiores de la unidad y lutitas grises, amarillas y ocre con intercalaciones de calizas en los 50 m de la parte superior. Las calizas son a menudo masivas y bioturbadas, y contienen abundantes gasterópodos, ostrácodos, carófitos y otros fragmentos de fósiles. Este tipo de calizas con grietas de desecación y abundante bioturbación, junto a las abundantes margas y margocalizas, son habituales en los humedales (Hernández, 2000). Esta quinta unidad es la que incluye los sedimentos terciarios más jóvenes que se conservan en toda la zona y que son objeto del presente estudio, junto con la parte alta de la cuarta unidad.

Estos ambientes se situaban en el centro de la cuenca, donde llegaban aportes siliciclásticos tanto de los Pirineos como de la Ibérica. Los canales de areniscas indican que llegaban aportes fluviales, que no son muy abundantes ya que la mayor parte de la Formación Tudela representa la parte distal del sistema, muy poco energético. Estos depósitos arenosos son de muy poca extensión lateral y se podrían interpretar como episodios de alta energía muy puntuales relacionados con grandes avenidas causadas por tormentas. Dentro de los cuerpos de arenisca se distinguen dos grupos diferentes en función de su coloración. Por medio de paleocorrientes se conoce que los de tonalidades marronáceas tienen su área fuente en el frente pirenaico, mientras que las de colores rojizos provienen de la Ibérica. Los yesos incluidos en esta Formación se formaron en un lago restringido que se extendía desde Monteagudo hasta las inmediaciones de Fustiñana (Salvany *et al.*, 1995).

En la zona estudiada predominan facies fluvio-palustres, compuestas principalmente por lutitas de coloraciones anaranjadas, marronáceas y rojizas, margas grises o gris-azuladas, calizas, yesos y algún depósito arenoso cuya coloración depende de su área fuente (zona Ibérica o Pirenaica). Las facies predominantes en la Formación Tudela son las lutitas, que adquieren coloraciones que varían del rojo al marrón. Esta variación en la coloración se ha interpretado en relación al tiempo transcurrido desde que se forma el depósito hasta el enterramiento por depósitos posteriores. Así, cuanto mayor es el tiempo de exposición de un depósito lutítico, la coloración es más rojiza. Similares variaciones de la coloración se han interpretado en otras cuencas de origen continental como diferentes estadios en la maduración de paleosuelos (Retallac, 1988). Estas alternancias de color se han relacionado con cambios climáticos asociados a ciclos orbitales de tipo Milantcovich en otras cuencas como Calatayud-Teruel (Abdul Aziz 2000 y 2003).

V. Materiales y métodos

A continuación se explican las diferentes técnicas que se han utilizado en la realización de este trabajo, que dependiendo del lugar donde se realiza el trabajo se pueden diferenciar en tres tipos: técnicas de campo, de laboratorio y de gabinete.

Técnicas de campo

Son las utilizadas para la búsqueda, extracción y transporte al laboratorio del material que se va a estudiar. Dentro de este apartado se diferencian diferentes fases: la prospección y la recogida de sedimento para la obtención de restos de microvertebrados, el lavado del sedimento y el levantamiento de columnas y correlaciones litoestratigráficas entre ellas.

1- Prospección y recogida de sedimento

Consiste en la búsqueda de niveles fosilíferos. Antes de comenzar cualquier prospección paleontológica, es necesario hacerse con la mayor información geológica posible sobre el área de estudio. Esto ayudará a saber dónde hay que centrar la búsqueda y a conocer en todo momento la situación dentro del contexto geológico de la zona.

Para la búsqueda, tanto de macro como de microvertebrados fósiles, hay que prestar especial atención a aquellos niveles cuya composición sea margosa, arcillosa, limosa o de arenas finas, es decir, los niveles que por sus características sedimentarias resalten del resto de los sedimentos de la sección estudiada. Normalmente los niveles fosilíferos están en facies algo energéticas, que destacan por tener fragmentos de gasterópodos, y en ocasiones suelen ser areniscosos. Los ambientes anóxicos son a veces más favorables para que se den los procesos de fosilización, por lo que, otro factor que hará que llamen la atención más unos afloramientos que otros es la coloración de los sedimentos, ya que los colores verduzcos, negruzcos y grisáceos son característicos de medios poco oxigenados. Esto no implica que en niveles de diferentes litologías y coloración a las descritas no se puedan encontrar restos fósiles (Murelaga, 2000).

Una vez localizado un enclave fosilífero, hay que ubicarlo con precisión tanto geográficamente (mediante mapas topográficos y GPS) como geológicamente (mediante mapas geológicos y columnas estratigráficas), lo que es muy importante para poder localizar el nivel siempre que se vuelva a excavar y poder situarlo en el contexto geológico para su correlación con otros yacimientos (fig. 6). El GPS utilizado es de marca Garmin, modelo e-trex VISTA Hcx, con un margen de error del orden de 3-5 metros.

En un primer lugar se realizó una campaña de prospección en la que se reconocieron dos niveles potencialmente interesantes en Loma Negra. Uno de ellos resultó ser estéril mientras que el otro proporcionó algunos restos de micromamíferos. Más tarde se volvió a recoger sedimento del nivel fosilífero de Loma Negra y se realizó una prospección en la serie de Punta de la Negra donde se recogieron cinco muestras en cinco niveles. De los cuales, cuatro han proporcionado restos fósiles de vertebrados.



Fig. 6: Proceso de prospección y ubicación de los yacimientos.

La cantidad de sedimento recogido en los muestreos ronda entorno a los 40-50 kg en cada nivel. En el caso del nivel fosilífero de Loma Negra se han recogido un total de unos 350 kg de muestra.

Los dientes de micromamíferos objeto de este estudio se han recogido entre agosto de 2011 y mayo de 2012 en la Formación Tudela (Mioceno inferior-medio) aflorante en las Bardenas Reales de Navarra, por Oier Suarez Hernando con la supervisión de un equipo de paleontólogos y geólogos de las universidades de Valencia, Granada, y País Vasco (Francisco Javier Ruiz-Sánchez, Matthijs Freudenthal y Xabier Murelaga) y del Instituto Geológico y Minero de España (Juan Cruz Larrasoña).

2- Lavado del sedimento

El sedimento se tamiza (lavado-tamizado) para poder obtener concentrados, que incluyen los microfósiles que habrá que separar más tarde en el laboratorio (fig. 7). Antes del lavado es muy importante que el sedimento se disgregue al máximo, ya que de esta forma habrá menos concentrado que triar y las muestras saldrán más limpias. Para ello, una vez se haya recogido el sedimento, se deja secar a la intemperie durante dos o tres días, preferiblemente sobre plásticos, ya que éstos impiden el paso de la humedad del suelo, y la posible “contaminación” con muestras contiguas. Cuando el sedimento esté bien seco se introduce en baldes con agua para hacer que desfloculen las arcillas y así obtener una mayor disgregación. El agua entra en los huecos de las estructuras de las arcillas y, a causa del cambio de presión que se genera, se favorece la disgregación. En este estudio no ha sido necesario, pero hay casos en los que la muestra no se disgrega fácilmente, y

se puede añadir al agua un poco de agua oxigenada para que la muestra se disgregue mejor o incluso se puede impregnar el sedimento en gasoil antes de introducirlo en agua. Cuando la muestra se ha disgregado totalmente se procede al lavado de la misma.

El lavado-tamizado tiene por objeto eliminar la mayor cantidad de material estéril posible. La mesa de lavado empleada en este estudio es una modificación de la mesa denominada Freudenthal. Es una mesa tamizadora telescópica con dos tamices, siendo el superior de 3 mm de luz de malla y el inferior de 0,5 mm. El lavado se realiza vaciando los barreños con el sedimento disgregado sobre el tamiz superior donde aquel se lava con agua a presión con ayuda de mangueras con boca aspersora. La fracción menor que tres milímetros pasa, por medio de una bandeja inclinada, al tamiz inferior, el cual deja escapar la fracción menor que 0,5 mm. Así se obtiene un concentrado cuyo tamaño oscila entre 3 y 0,5 mm. De esta manera, se puede reducir la muestra inicial de unos 600 kg a un concentrado de entre 3 y 25 kg (Murelaga 2000).



Fig. 7: Proceso de lavado-tamizado del sedimento. El tamiz superior tiene una luz de malla de 3 mm y el inferior de 0,5 mm. En los barreños de agua se coloca el sedimento para que desfloccule.

3. Correlaciones litoestratigráficas

Para conocer la situación estratigráfica de los diferentes niveles prospectados se han levantado dos columnas estratigráficas (Loma Negra y Punta de la Negra). Posteriormente se han correlacionado litoestratigráficamente estas dos columnas entre ellas y con las ya publicadas de Pico del Fraile y Sancho Abarca (Larrasoña *et al.*, 2006).

Técnicas de laboratorio

Se incluyen aquí todos los procesos realizados desde que llegan las muestras al laboratorio, hasta tenerlas preparadas para su estudio. Que son el tratamiento con ácido acético de los concentrados obtenidos en el proceso de lavado-tamizado y el posterior triado.

1- Tratamiento de los concentrados con ácido acético

Existen técnicas físicas y químicas para reducir en el laboratorio la cantidad de residuo estéril de un concentrado, eliminando las partículas de yeso, carbonato, sílice o hierro, antes de comenzar a triar con la lupa (Peláez-Campomanes, 1993). En el caso del presente estudio se ha utilizado el ácido acético para disminuir el tamaño de concentrado, eliminando la fracción carbonatada. Para esta labor se ha empleado ácido acético disuelto al 10 %.

Se coloca la muestra en barreños con el ácido acético y se deja unas 24 horas reaccionando (fig. 8). Posteriormente se vuelve a tamizar el concentrado con un tamiz pequeño de luz de malla de 0,5 mm y a continuación se vuelve a poner otras 24 horas en ácido. Este procedimiento se repite hasta que la muestra no reacciona más, aunque hay que tener cuidado de no someterla a demasiados baños, pues el ácido, al final, podría acabar afectando también al fosfato del diente y esto acabaría destruyendo los dientes. También hay que considerar, que al utilizar esta técnica todos los restos fósiles carbonatados reaccionan y acabarán por desaparecer, tales como los gasterópodos, caráceas o cáscaras de huevo.



Fi. 8: Tratamiento con ácido del sedimento en el laboratorio.

2- Triado de los concentrados

En los concentrados obtenidos después del lavado-tamizado y el tratamiento con ácido se concentran los microrrestos fósiles mezclados con abundante estéril, por lo que debemos separarlos de éste. La técnica utilizada para ello es el triado, que consiste en separar los restos fósiles de los que no lo son. Para ello se ha utilizado una lupa binocular *Nikon* del modelo SMZ-U de 8 aumentos, perteneciente a la infraestructura de la Universidad del País Vasco/EHU.

Técnicas de gabinete

Este apartado explica los diferentes pasos seguidos después de tener los restos fósiles separados del material estéril para el estudio. Además, también se detallan los criterios seguidos en el siglado, medida y nomenclatura de los dientes.

1- Montado y siglado de las muestras

Los restos fósiles estudiados, están compuestos principalmente por piezas dentarias. Para almacenar los microfósiles dentarios se han utilizado cajas de plástico y piezas de *LEGO*. El pequeño tamaño de los restos impide el siglado directo, por lo que se han utilizado estas piezas de *LEGO* para poder realizarlo (fig. 9). En el lado izquierdo de la pieza *LEGO* se ha colocado una “plastilina”, pasta *Faber-Castell* (Knetgummi art eraser 127020) o pasta *Bluetack*, que tiene muy poca grasa y que es adherente, pero permitiendo siempre la movilidad de los dientes. En la parte derecha de la pieza *LEGO* se ha colocado una pegatina con la sigla. Este método posibilita montar más de una pieza *LEGO* una encima de la otra, ancladas, y así facilitar su manejo. En cada caja de plástico se ha colocado un conjunto de cinco piezas, que se ha adherido con la misma “plastilina”, esto hace que el conjunto de piezas *LEGO* no se mueva dentro de la caja, y a su vez, la caja de plástico protege los dientes.

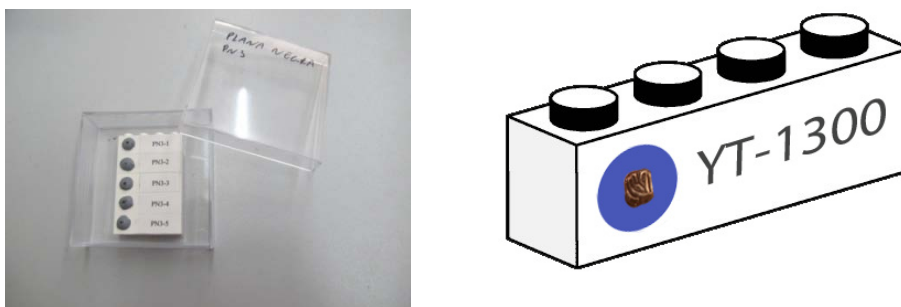


Fig. 9: A la derecha fotografía de una de las cajas de plástico con las piezas *LEGO* y la sigla. A la izquierda esquema de siglado de una muestra.

Las siglas constan de dos partes: la primera, con letras, hace referencia al yacimiento y la segunda, cifrada, al número de ejemplar de un yacimiento dado.

2- Nomenclatura utilizada

Para designar las piezas dentarias se han utilizado las siguientes abreviaturas: P: premolar definitivo (o decidua) y M: molar. Las piezas inferiores se designan con la misma letra, pero en minúscula. A continuación de la letra se coloca un número que hace referencia al lugar que ocupa el diente en la mandíbula (fig. 10). Por último se orienta el diente de la siguiente manera: der.: derecha e izq.: izquierda. Así M1 der. será el primer molar superior derecho y m2 izq. será el segundo molar inferior izquierdo.

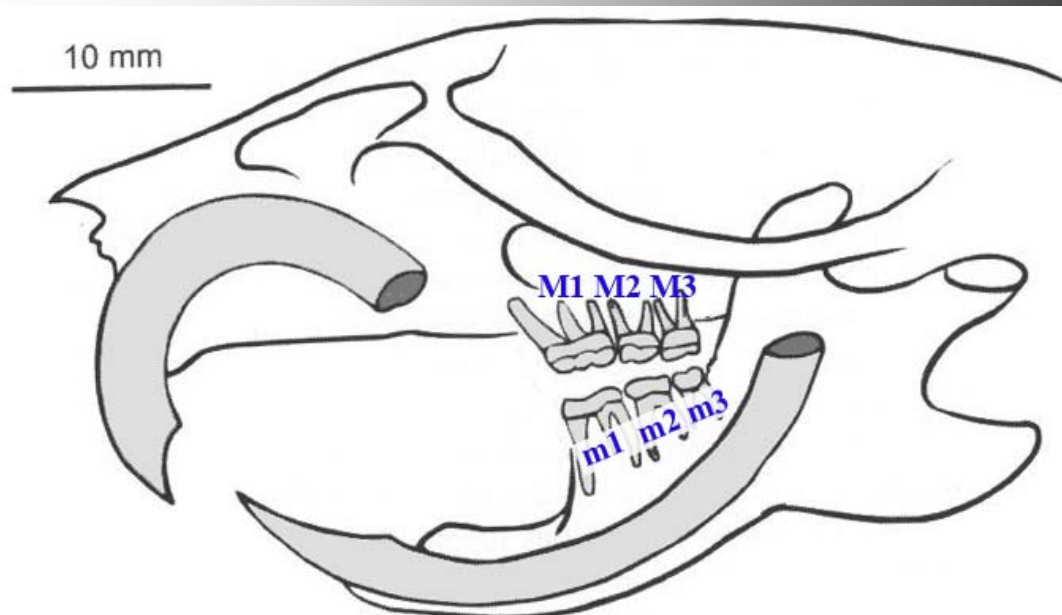


Fig. 10: Esquema del cráneo de un roedor en el que se señala la posición y nomenclatura de los molares. Modificado de Hillson (2005).

3- Técnicas métricas y descriptivas

Las mediciones son una parte importante del estudio de vertebrados por lo que es necesario señalar cuáles han sido los parámetros utilizados. El estudio de los micromamíferos se basa principalmente en la morfología y en las dimensiones de las coronas dentarias, siendo el tamaño de los dientes un carácter sistemático importante (Murelaga 2000). Las mediciones y el fotografiado del material se han realizado con una lupa NIKON SMZ-U que tiene incorporada una cámara digital Nikon DIGITAL SIGHT DS-L1 perteneciente al Departamento de Estratigrafía y Paleontología de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la UPV/EHU. En todas las piezas dentarias se han tomado la longitud y anchura máximas en la superficie oclusal (fig. 11). En el capítulo de sistemática correspondiente a cada taxón se han incluido una serie de figuras donde se indica la nomenclatura empleada en las descripciones y la forma en la que se han realizado las mediciones de los molares; esas medidas se dan en unidades de 1 mm.

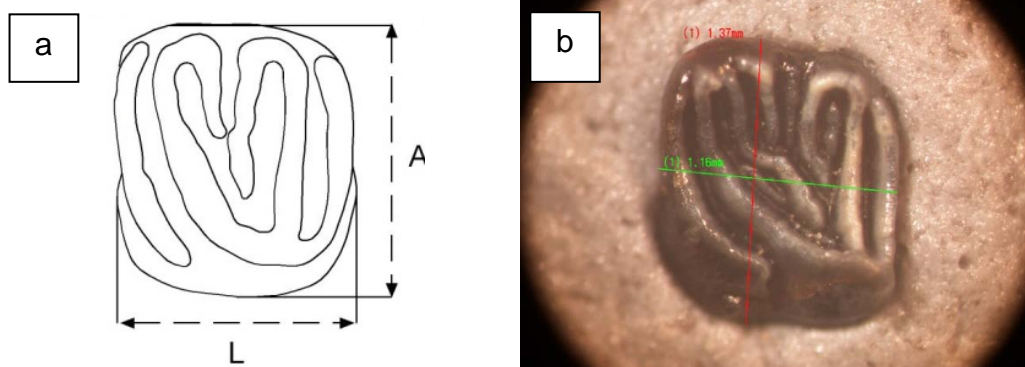


Fig. 11: Ejemplo de la toma de medidas en un molar superior de Glirido. **a:** esquema empleado para los Gliridos donde, L es la longitud y A la anchura (modificado de Daams, 1981). **b:** toma de medidas en el ejemplar LN-23.

4- Biocronología y biozonaciones

En este apartado se pretende resumir las diferentes biozonas que existen en el rango temporal estudiado y su significado. Los mamíferos son los organismos más utilizados a la hora de realizar las correlaciones y dataciones en depósitos continentales, debido sobre todo a su rápida evolución y abundancia en los yacimientos. Los nombres de los pisos que se proponen para el Mioceno continental son diferentes a los empleados en la escala estratigráfica internacional ya que estos últimos han sido definidas en series marinas. En orden de antigüedad serían: Ageniense, Rambliense, Aragoniense, Vallesiense y Turoliense.

En la presente memoria se emplean dos tipos de biozonas (fig. 12), las MN y las locales. Mein, en 1975, introdujo la zonación de Mamíferos del Neógeno (Mammal Neogene, MN) basada en la combinación entre la presencia de ciertos taxones seleccionados y las primeras apariciones de otros taxones. Pero el sistema cronológico continental basado en mamíferos no siempre es tan evidente, debido a la complejidad de la distribución biogeográfica de los mamíferos y los posibles problemas de diacronismo. Y por ello, en muchos estudios de cuencas continentales, para solventar los huecos que pudieran dejar las biozonas estándares MN se emplean biozonas locales, con el fin de precisar las edades obtenidas por micromamíferos.

Las biozonas empleadas en la Cuenca del Ebro también se emplean en otras cuencas Terciarias de la Península Ibérica y fueron definidas por primera vez en la Cuenca de Calatayud-Teruel por Daams y Freudenthal en 1981. A diferencia de las MN (que se numeran del 1 al 13, siendo el 1 la más antigua), estas se nombran mediante letras. En un principio de la A a la I, y posteriormente se introdujeron las biozonas X, Y y Z por debajo de la A (Murelaga, 2000) junto con la incorporación de un nuevo piso, el Rambliense (Daams *et al.*, 1987).

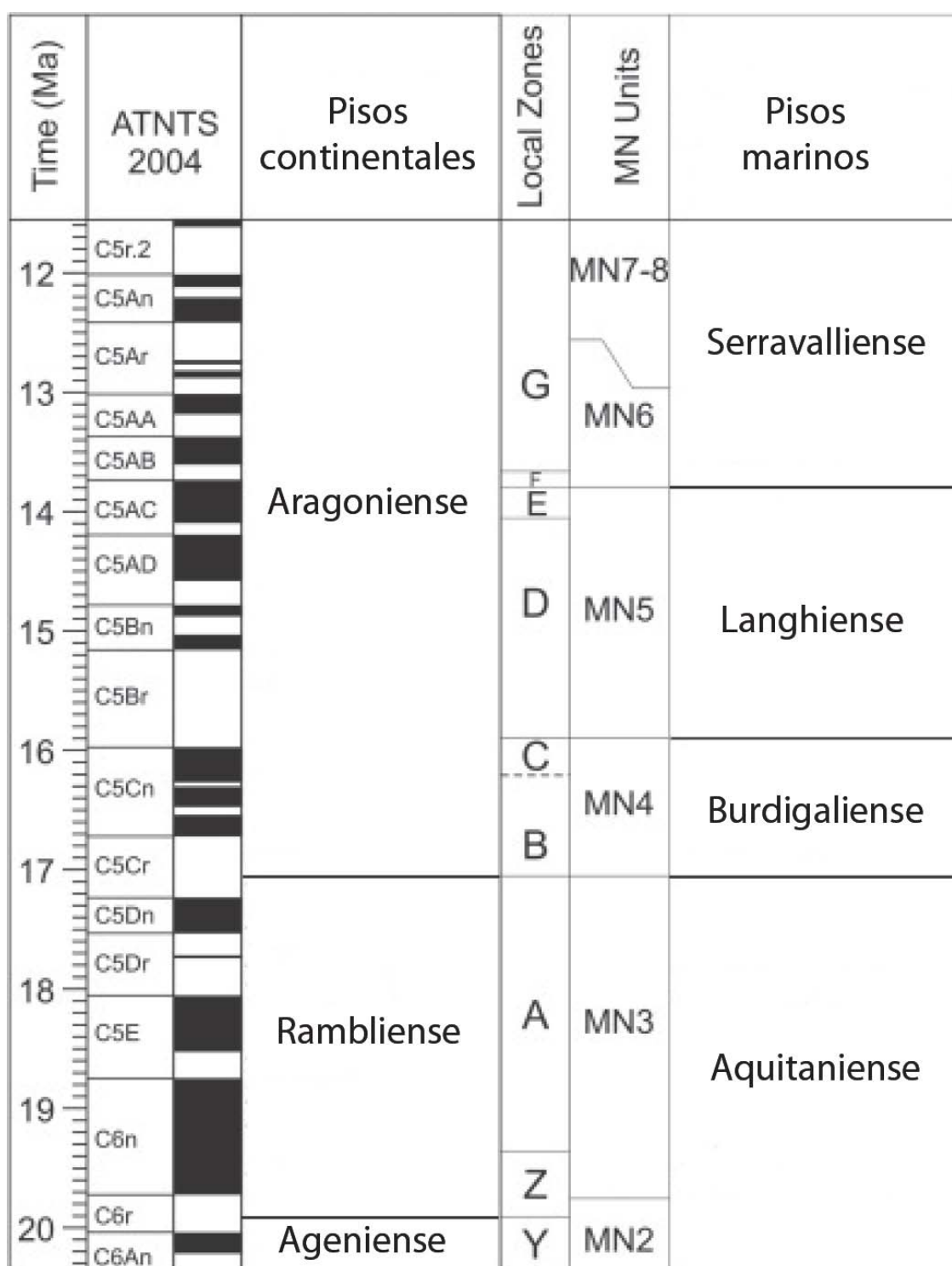


Fig. 12: Esquema de correlación de las biozonas que se emplean en este trabajo, las MN y las locales. También se correlacionan con los pisos marinos y los continentales. A la izquierda aparece la escala de tiempo absoluto y su correlación con la escala ATNTS2004 de Lourens *et al.* (2004). Modificado de Agustí (2011).

VI. Consideraciones tafonómicas

La formación de una acumulación fosilífera está ligada a procesos físicos, químicos y orgánicos (Andrews, 1992). Estos procesos actúan incluso en vida del organismo y tras su muerte, en los procesos de diagénesis y fosilización, hasta que llega a nuestras manos como fósil. A la hora de interpretar la información obtenida a partir de la asociación fósil encontrada en un yacimiento es necesario analizar los efectos de dichos procesos.

La acumulación de microrrestos suele darse principalmente por procesos orgánicos o fluviales. En las acumulaciones de origen orgánico los restos óseos suelen presentar marcas físicas como roturas causadas por el depredador a la hora de atrapar y comer las presas, y químicas, producidas por los jugos gástricos durante la digestión de las mismas. En este tipo de acumulaciones suele observarse una mayor concentración de una serie de especies con respecto a otras, proceso producido por la acción selectiva del depredador. Las acumulaciones fluviales sin embargo suelen ofrecer una mayor representación de la fauna total de la zona (Murelaga, 2000). Este parece ser el caso de los niveles prospectados en la zona de estudio que aquí se presenta. Ya que, en función de las características de los sedimentos y de su contenido fósil, el medio deposicional en el que se dio el acúmulo fosilífero se ha interpretado como el de un humedal. La presencia de caráceas, gasterópodos de agua dulce, ostrácodos y dientes de peces, indican que la masa de agua de ese medio debió ser considerable, aunque no mayor de 10 metros debido a que las praderas de caráceas no viven en aguas más profundas (Hernández, 2000). Aunque la acumulación estudiada tuvo muy posiblemente un origen fluvial, éste no debió ser de gran energía, debido sobre todo al tipo de sedimentación que se dio y a la ausencia de grandes restos fósiles.

Una vez determinado el medio en el que se formaron los yacimientos y teniendo en cuenta las afinidades ecológicas de los diferentes taxones presentes en ellos, se podrá diferenciar la fauna démica (aquellos restos de fauna que han sido depositados en el mismo área donde vivían) y la adémica (los restos han sido transportados del área donde vivían al lugar de depósito) (Fernández-López, 1990). En las muestras estudiadas la fauna de vertebrados démicos es muy escasa ya que solamente se han encontrado restos de dentición pertenecientes a peces. Sin embargo la mayoría de los taxones descritos se pueden considerar adémicos ya que los micromamíferos vivirían en las zonas circundantes a los lagos y que fueron transportados por pequeñas corrientes capaces de transportar piezas de pequeño tamaño y no macrorrestos de organismos que también vivirían en esa época.

En lo que respecta a los procesos físicos sufridos por los huesos fósiles como las roturas y fracturación, son muy difíciles de determinar debido, sobre todo, a que el método de obtención utilizado (lavado-tamizado) puede romper muchos restos. Esto contribuye también a que no se hayan encontrado restos en conexión anatómica, pues el lavado-tamizado pudo haber desligado todos los microrrestos que pudieran haber estado relacionados.

VII. Paleontología sistemática

Generalidades de los micromamíferos

Dentro de los microvertebrados, comúnmente, se incluye a los siguientes grupos de vertebrados: roedores (ratas, hámsteres, lirones y ardillas), lagomorfos (conejos y liebres), insectívoros (topos, musarañas y erizos) y quirópteros (murciélagos). El taxón más abundante en los niveles estudiados son los roedores. En el orden Rodentia (roedores) se clasifican las siguientes familias: Gliridae (lirones), Castoridae (castores), Cricetidae (hámsteres y ratones), Sciuridae (ardillas, marmotas y perritos de las praderas) y Eomyidae (un grupo extinto emparentado con las tuzas y las ratas canguro). Por otro lado, cabe destacar que, pese a que informalmente sea un término bastante utilizado, el “orden” Insectivora no existe, pues se trata de un grupo parafilético. En la actualidad el término correcto para englobar a las familias Soricidae (musarañas), Talpidae (topos) y Erinaceidae (erizos) es el orden Eulipotyphla.

Por su pequeño tamaño y su rápida diversificación y especiación los micromamíferos son muy útiles a la hora de crear una escala biocronológica en medios continentales. Además son muy sensibles a cambios ambientales por lo que también son muy utilizados para hacer inferencias paleoambientales y paleoclimáticas. Debido a esa especialización el mejor modo de identificar especies en el registro fósil es mediante sus piezas dentarias, puesto que la morfología varía mucho entre taxones (fig. 13). En los siguientes apartados se describirán, por especies, los diferentes dientes encontrados en cada yacimiento. Como los incisivos no tienen caracteres determinativos para diferenciar especies no se han incluido en el conteo.

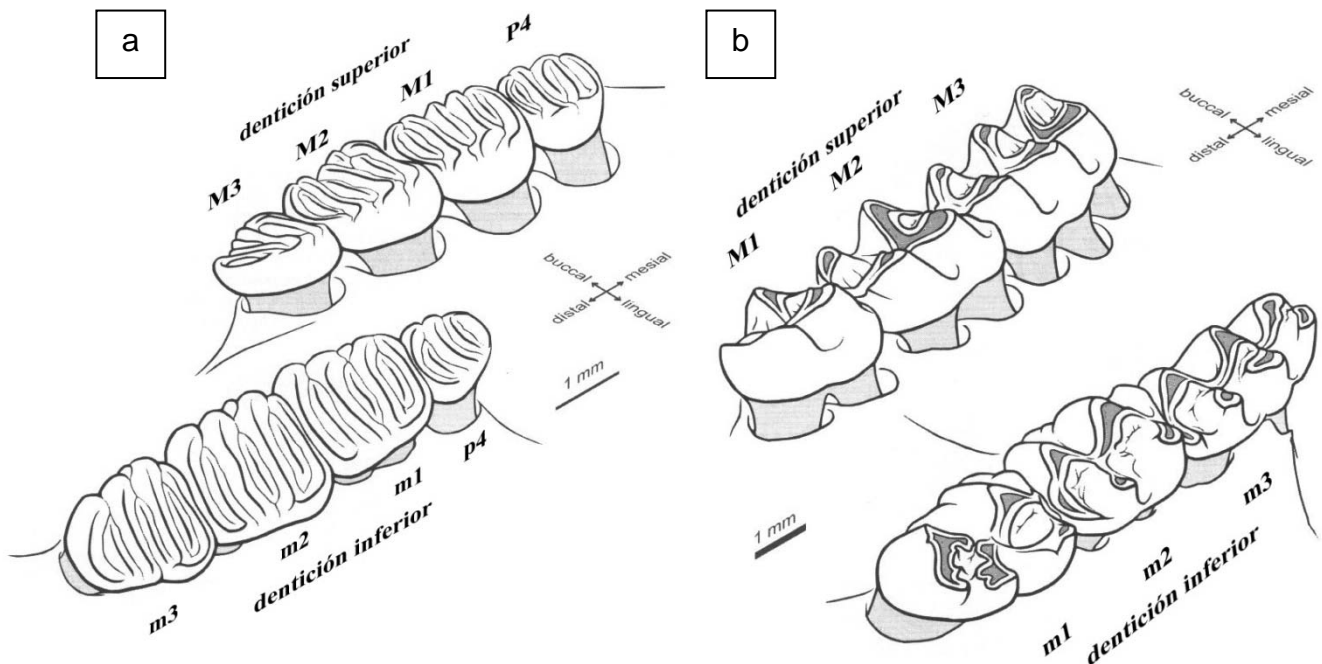


Fig. 13: Diferencias en la dentición entre los géneros de roedores *Glis* (a) y *Cricetus* (b). Modificado de Hillson (2005).

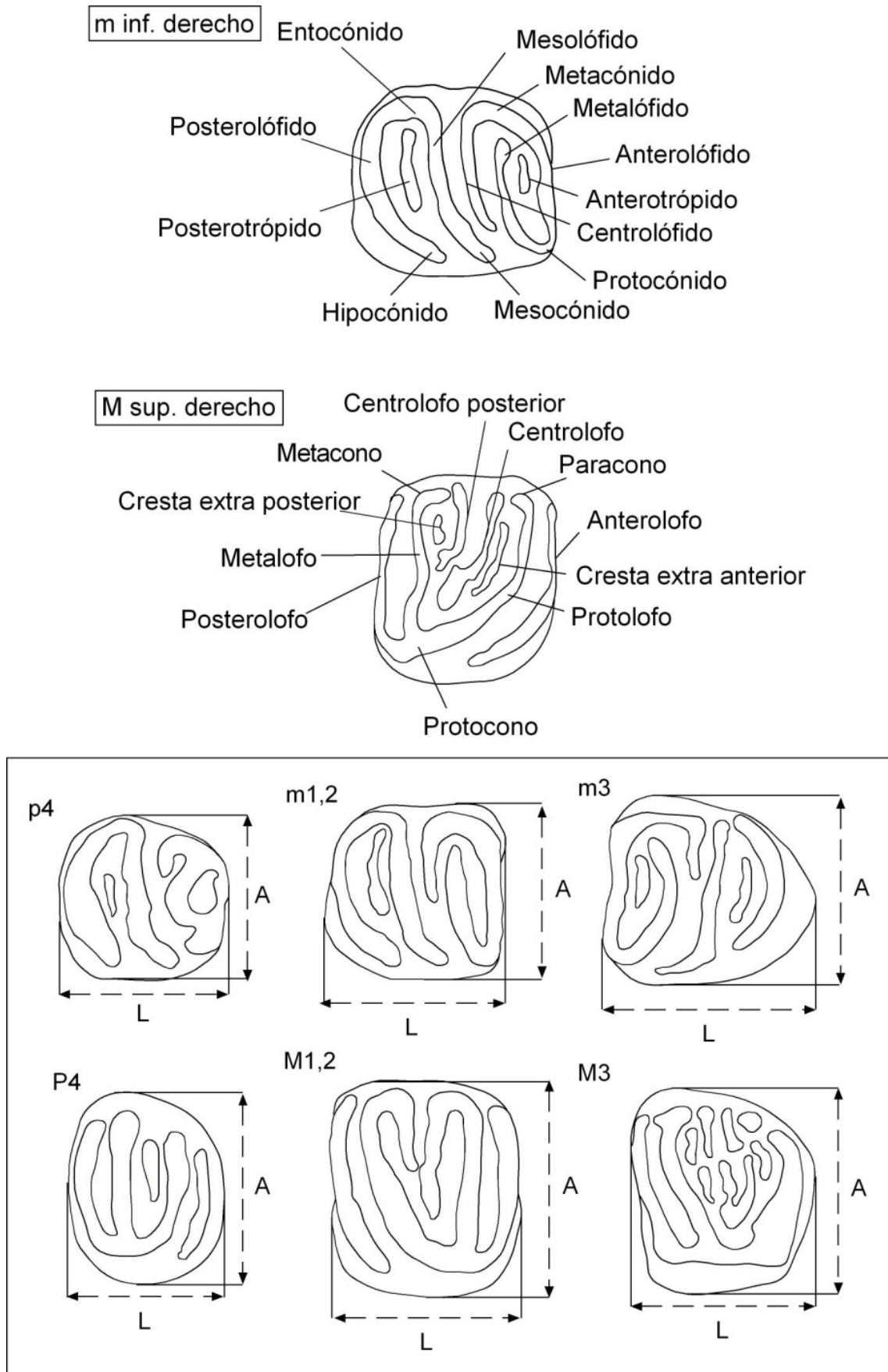


Fig. 14: Nomenclatura y esquema de medidas utilizados para los Glíridos. Modificado de Daams (1981).

Orden RODENTIA Bowdich, 1821

Familia GLIRIDAE Muirhead, 1819

Género *Vasseuromys* Baudelot y de Bonis, 1966

Vasseuromys cristinae Ruiz-Sánchez *et al.* 2012a

Lámina 1, 1-19 y Lámina 2, 1-20. Fig. 14.

Localidad. Loma Negra (LN)

Material y medidas. Tabla 1.

Diente	parámetro	n	max.	min.	media
p4	L	5	0,86	0,59	0,75
	A	5	0,83	0,68	0,75
m1	L	1	1,07	1,07	1,07
	A	2	1,03	0,94	0,99
m2	L	3	1,26	1,18	1,22
	A	3	1,27	1,08	1,19
m3	L	6	1,23	1,01	1,12
	A	6	1,1	0,98	1,04
P4	L	5	0,98	0,76	0,88
	A	5	1,14	0,89	1,02
M1	L	4	1,21	1,07	1,16
	A	5	1,41	1,12	1,33
M2	L	4	1,23	1,1	1,18
	A	4	1,37	1,32	1,34
M3	L	2	0,88	0,88	0,89
	A	2	1,18	1,09	1,14

Tabla 1: Cuadro resumen de las medidas dentarias (en mm.) de *Vasseuromys cristinae* de la localidad de Loma Negra.

Descripción:

p4. El anterolófido está conectado al protocónido. El centrolófido puede ser largo y estar conectado a la pared lingual (n=3) o puede ser corto y no estar conectado a dicha pared (n=1). Las cúspides labiales se elongan hacia la zona anterior. El ectolófido se interrumpe entre el mesolófido y el posterolófido. Hay una cresta extra entre el metalófido y el centrolófido y tiene un posterotópido.

m1. El anterolófido está conectado al protocónido y al metacónido. La unión del metalófido con el protocónido es alta y con el metacónido baja. El centrolófido es largo y no está conectado al mesocónido. Mesolófido conectado con el entocónido. El posterolófido es largo y se prolonga hacia el mesocónido. Presenta cuatro crestas accesorias: el anterotrópido, una entre el metalófido y el centrolófido, otra entre el centrolófido y el mesolófido, y el posterotrópido. La cresta accesoria es corta en el valle anterior y larga en el posterior, el resto son de tamaño medio.

m2. El anterolófido presenta una unión alta con el metacónido y baja con el protocónido. La unión del metalófido con el protocónido es alta y con el metacónido baja. El centrolófido es largo (alrededor de 2/3 de anchura total del molar) y no está conectado al mesocónido. El mesolófido presenta una unión al entocónido alta (n=1) o baja (n=2). El posterolófido es largo y se prolonga hacia el mesocónido. Presenta cuatro crestas accesorias: el anterotrópido, una entre el metalófido y el centrolófido, otra entre el centrolófido y el mesolófido, y el posterotrópido. La cresta accesoria es corta en el valle anterior y larga en el posterior, el resto son de tamaño medio.

m3. El anterolófido presenta una unión alta (n=2) o baja (n=3) con el protocónido. El metalófido está conectado al metacónido. El centrolófido es largo y no se une con el mesocónido, la unión del centrolófido con el metacónido puede ser alta (n=5) o baja (n=1). En uno de los ejemplares se observa una unión del centrolófido con el mesolófido por medio de una cresta longitudinal. Mesolófido unido al entocónido con unión alta en todos los ejemplares (n=5) menos en uno. Posterolófido largo, curvado y unido al entocónido. Presenta tres (n=1) o cuatro (n=5) crestas accesorias. El anterotrópido es grande en todos los ejemplares (n=5) menos en uno, en el cual no se ha desarrollado. El posterotrópido es grande, y en un caso se une mediante otra cresta oblicua al posterolófido. Las otras dos crestas accesorias son pequeñas y están entre el metalófido y el centrolófido y entre el centrolófido y el mesolófido.

P4. La unión entre el anterolofo y el protocono es baja. El anterolofo se conecta labialmente al paracono. El protolofo y el metalofo están conectados al protocono. El precentrolofo es relativamente largo y el postcentrolofo es largo. El posterolofo es largo y conectado al protocono.

M1. El anterolofo es largo y se extiende hacia el protocono. En los ejemplares sin excesivo desgaste o rotos el paracono se divide en dos cúspides. La cúspide anterior del paracono continúa en el protolofo, y la posterior se fusiona con el complejo precentrolofo-prototrofo. Los centrolofos son largos, siendo el precentrolofo ligeramente más largo que el postcentrolofo. Tiene tres crestas extra: el prototrofo (cresta extra anterior), una cresta entre el precentrolofo y el postcentrolofo y el metatrofo (cresta extra posterior). Algunos especímenes poseen crestas adicionales que son perpendiculares a las descritas. En otros casos la unión entre los centrolofos y las crestas adicionales es irregular. El metalofo es transversal y conectado al protocono. No hay crestas extra fuera del trigonio. El posterolofo está conectado al protocono y al metacono.

M2. El anterolofo es largo y conectado al paracono. El paracono se divide en dos cúspides. Los centrolofos son largos, siendo el precentrolofo el más largo. Presenta tres crestas extras: el prototrofo, una cresta entre los dos centrolofos y el metatrofo. El prototrofo es muy largo y paralelo al precentrolofo, hasta que se conectan cerca del protocono. En algún caso se dan conexiones longitudinales entre ambos. No hay crestas accesorias fuera del trigonio. El metalofo se conecta al protocono y paracono. El posterolofo está conectado al protocono y al metacono.

M3. El anterolofio está conectado al paracono, pero no está conectado al protocono en uno de los ejemplares. El centrolofo es largo. Como en los M2, los M3 también presentan tres crestas accesorias, y en la unión con el centrolofo forman un contorno irregular. El metacono se divide en varias cúspides. El posterolofio está conectado al protocono.

Localidad. Punta de la Negra 2 (PN2)

Material y medidas. PN2-1: m1,2 izq. (fragmentado) (lámina 2, 11)

Descripción:

m1,2: Únicamente se ha conservado la parte posterior del diente. El posterolofio está conectado al entocónido, y del entocónido sale el mesolofio que llega hasta el mesocónido. Presenta dos crestas accesorias: una el posterotrópido y otra entre lo que debería de ser el centrolofio y el mesolofio.

Localidad. Punta de la Negra 3 (PN 3)

Material y medidas. Tabla 2.

Diente	parámetro	n	max.	min.	media
m1	L	2	1,19	1,2	1,20
	A	2	1,16	0,9	1,03
P4	L	1	0,81	0,81	0,81
	A	1	1,04	1,04	1,04

Tabla 2: Cuadro resumen de las medidas dentarias (en mm.) de *Vasseuromys cristinae* de la localidad de PN3.

Descripción:

m1. Uno de los dos ejemplares está muy desgastado en la parte oclusal y bucal, dándole un aspecto extraño al molar. El anterolofio está conectado al protocónido y al metacónido. Las uniones del metalofio con el protocónido y el metacónido son altas. El centrolofio es largo y no está conectado al mesocónido. Mesolofio conectado con el entocónido. El posterolofio es largo y se prolonga hacia el mesocónido. Presenta cuatro crestas accesorias: el anterotrópido, una entre el metalofio y el centrolofio, otra entre el centrolofio y el mesolofio, y el posterotrópido. La cresta accesoria es corta en el valle anterior y larga en el posterior, el resto son de tamaño medio.

P4. El diente está transversalmente fragmentado, pero por su contorno se identifica como un P4 izquierdo. El alto desgaste que tiene no permite hacer una descripción acertada. Se puede decir que el anterolofio se conecta labialmente al paracono. El precentrolofo es relativamente largo y el postcentrolofo está fragmentado.

Localidad. Punta de la Negra 4 (PN 4)

Material y medidas. Tabla 3.

Diente	parámetro	n	max.	min.	media
m1	L	1	1,19	1,19	1,19
	A	2	1,07	1,1	1,09
P4	L	1	0,8	0,8	0,80
	A	1	0,85	0,85	0,85
M2	L	2	1,05	1,02	1,04
	A	2	1,26	1,08	1,17
M3	L	1	0,88	0,88	0,88
	A	1	1,18	1,18	1,18

Tabla 3: Cuadro resumen de las medidas dentarias (en mm.) de *Vasseuromys cristinae* de la localidad de PN4.

Descripción:

m1. La unión del metalófido con el protocónido y el metacónido es alta en uno de los ejemplares. En el otro no se ve, porque la parte anterior está desgastada en la zona del anterolófidio. El centrolófidio es largo y no está conectado al mesocónido, en un ejemplar está unido al anterolófidio. Mesolófidio conectado con el entocónido, en un ejemplar el mesolófidio no es continuo, y está “partido” por la mitad superior. El posterolófidio es largo y se prolonga hacia el mesocónido. Presenta cuatro crestas accesorias: el anterotrópido, una entre el metalófidio y el centrolófidio, otra entre el centrolófidio y el mesolófidio, y el posterotrópido. Perpendicular a estas crestas de la parte anterior hay otra cresta menor, dándole un aspecto irregular.

P4. La unión entre el anterolofo y el protocono es baja. El anterolofo se conecta labialmente al paracono. El protolofo y el metalofo están conectados al protocono. El precentrolofo es relativamente largo y el postcentrolofo es largo. El posterolofo es largo y conectado al protocono y al metacono. Tiene una pequeña cresta accesoria entre el metalofo y el postcentrolofo, que se une mediante una unión baja a este último.

M2. El anterolofo es largo y conectado al paracono. Los centrolofos son largos, siendo el precentrolofo el más largo. Presenta tres crestas extras: el prototropo, una cresta entre los dos centrolofos y el metatropo. El prototropo es muy largo y paralelo al precentrolofo, hasta que se conectan cerca del protocono. En uno de los dos ejemplares se dan conexiones longitudinales entre ambos, dándole un aspecto más complejo e irregular. No hay crestas accesorias fuera del trigonio. El metalofo se conecta al protocono y paracono y es totalmente paralelo al posterolofo. El posterolofo está conectado al protocono y al metacono.

M3. El anterolofo está conectado al paracono, pero no está conectado al protocono. El centrolofo es largo. Presenta tres crestas accesorias que hacen que el metacono se divida en varias cúspides de aspecto irregular. El posterolofo está conectado al protocono.

Discusión. El género *Vasseuromys* fue descrito en el Mioceno inferior de Francia, para distinguirlo de otros lirones con una fuerte concavidad en la parte oclusal y valles longitudinales. De las once especies de *Vasseuromys* que hay formalmente descritas nueve se describieron en el Mioceno inferior (MN1-MN3) salvo *V. cristinae* (MN5) y *V. pannonicus* (MN11) (Ruiz-Sánchez *et al.*, 2012a).

Muchos de los géneros descritos en el Mioceno inferior son sinonimia de *Vasseuromys*, como *Ebromys* Cuenca 1985 y *Nievella* Daams 1976 y también, posiblemente, *Ramys* (García Moreno y López Martínez, 1986).

La complejidad dentaria y la talla (fig. 12 y láminas 1 y 2) son similares a las especies *Vasseuromys ramblensis* y *Vasseuromys cristinae*. El material descrito en este trabajo se incluye dentro de la especie *V. cristinae* por la unión del posterolofo y del protocono. La correlación estratigráfica que hay entre las localidades aquí descritas Pico del Fraile y Sancho Abarca nos indican que los niveles estudiados en este trabajo se encuentran más cerca de los niveles con *V. cristinae* (PF2 y SA5) que los que tienen *V. ramblensis* (PF1) lo que coincide con la atribución sistemática realizada.

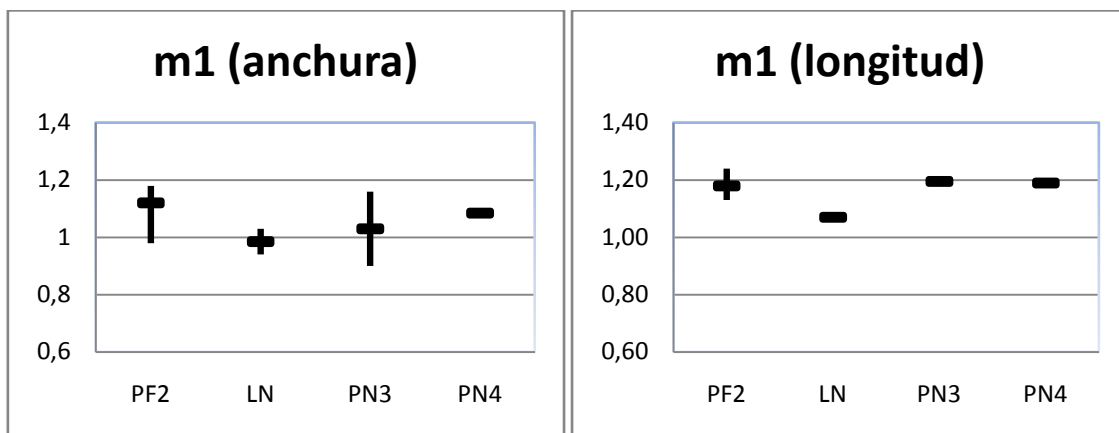


Fig. 12: Comparación de las medidas (en mm) de anchura y longitud de *Vasseuromys cristinae* de cuatro yacimientos diferentes. PF2: Pico del Fraile 1, LN: Loma Negra, PN3: Punta de la Negra 3 y PN4: Punta de la Negra 4. Los datos de los *V. cristinae* de PF2 se han tomado de Ruiz-Sánchez *et al.* (2012a).

En las medidas representadas en la figura 12 no se aprecia un aumento o disminución significativa de la talla de los m1. De todos modos, la escasez de material recuperado de los yacimientos de PN3 y PN4 dificulta la comparación entre los cuatro yacimientos. PF2 y LN tienen un rango de variabilidad similar. Tampoco se ha podido realizar este tipo de gráficos con otros elementos dentarios (como los m2, M1 o M2) por falta de material, pues se ha de considerar que en los yacimientos de Punta de la Negra (PN) solo se recogieron 50 kg de cada uno de los yacimientos, y esta cantidad es insuficiente.

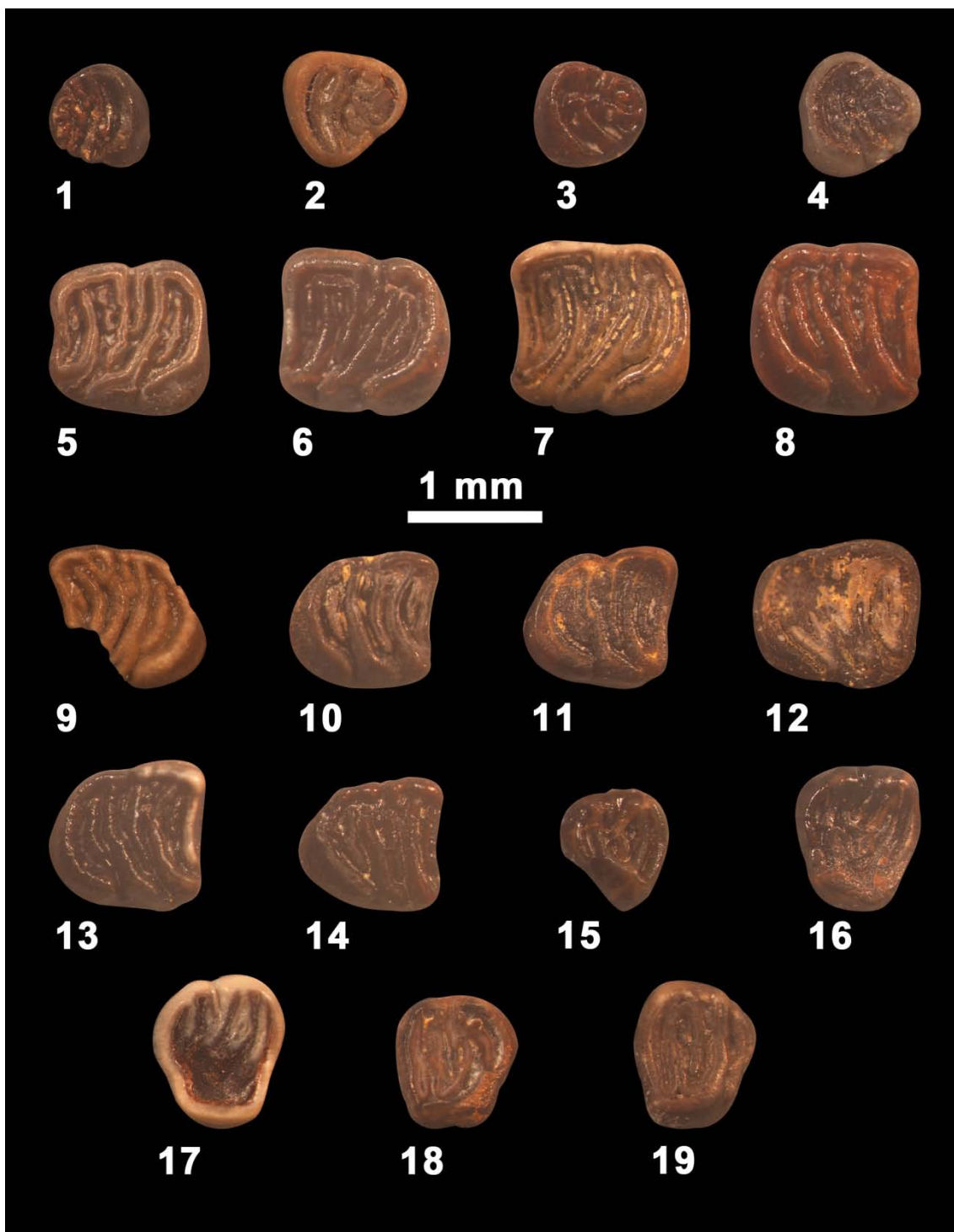


Lámina 1. *Vasseuromys cristinae* del yacimiento Loma Negra (LN).

1: LN-1, p4 izq. 2: LN-3, p4 der. 3: LN-4, p4 der. 4: LN-5, p4 der.

5: LN-7, m1 izq. 6: LN-8, m2 izq. 7: LN-9, m2 izq. 8: LN-10, m2 der.

9: LN-11, m3 izq. 10: LN-12, m3 der. 11: LN-13, m3 der. 12: LN-14, m3 der.

13: LN-15, m3 der. 14: LN-16, m3 der. 15: LN-17, P4 izq. 16: LN-18, P4 izq.

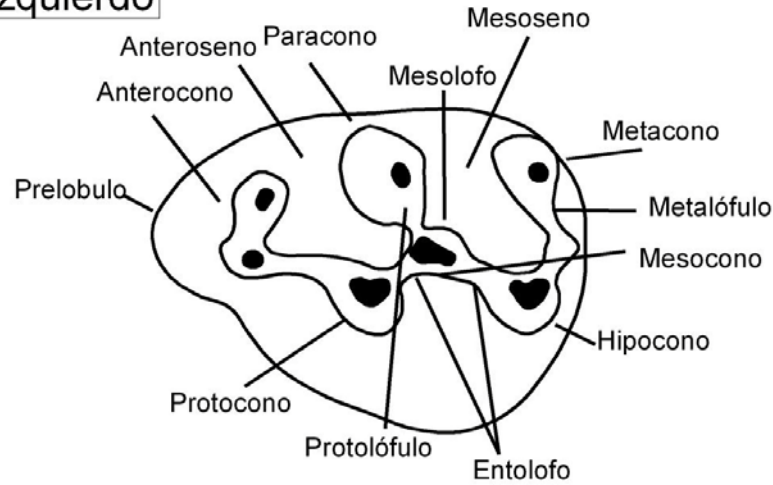
17: LN-19, P4 izq. 18: LN-21, P4 der. 19: LN-22, P4 der.



Lámina 2. *Vasseuromys cristinae* de los yacimientos Loma Negra (LN) y Punta de la Negra 2, 3 y 4 (PN2, PN3 y PN4).

1: LN-23, M1 izq. 2: LN-24, M1 izq. 3: LN-25, M1 izq. 4: LN-26, M1 der.
 5: LN-29, M2 izq. 6: LN-30, M2 izq. 7: LN-31, M2 der. 8: LN-32, M2 der.
 9: LN-33, M3 der. 10: LN-34, M3 der. 11: PN2-1, m1-2 izq.
 12: PN3-1, P4 izq. 13: PN3-2, m1 izq. 14: PN3-3, m1 izq. 15: PN4-1, m1 izq.
 16: PN4-2, m1 der. 17: PN4-3, P4 der. 18: PN4-4, M2 izq.
 19: PN4-5, M2 der. 20: PN4-6, M3 izq.

M1 izquierdo



m1 izquierdo

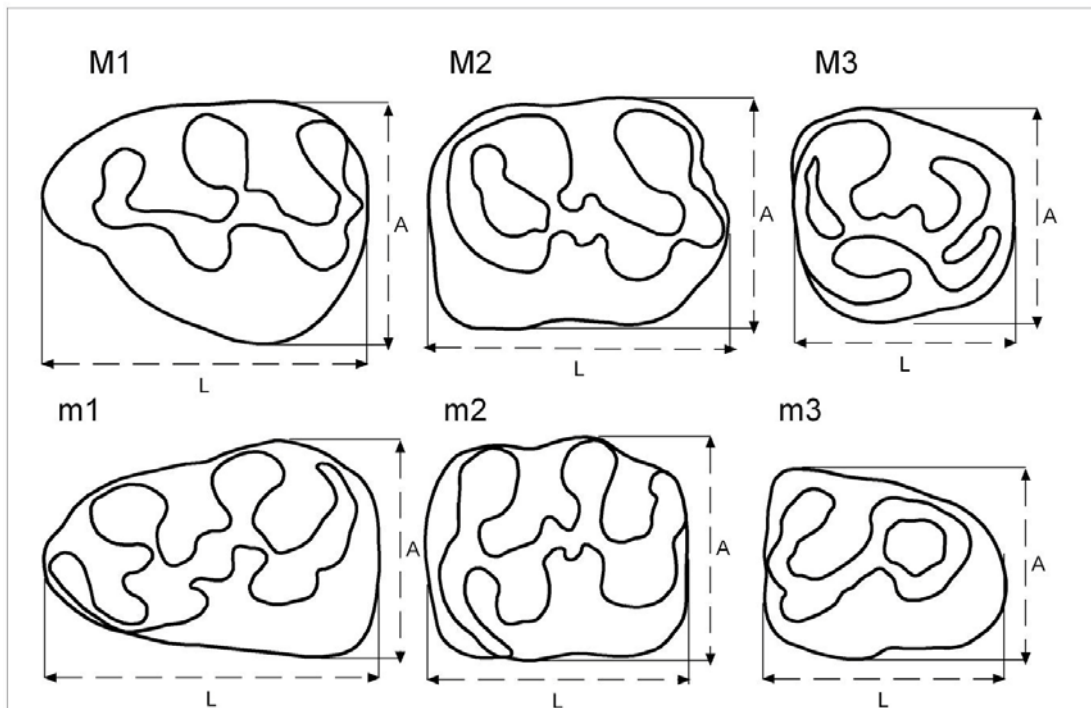
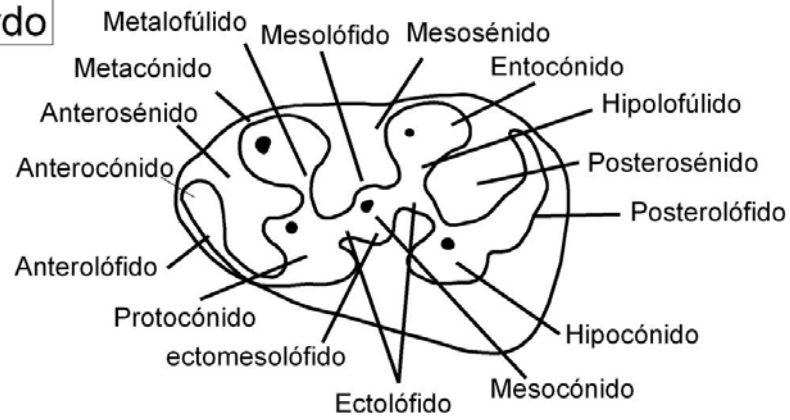


Fig. 15: Nomenclatura y esquema de medidas utilizados para los Cricétidos. Modificado de Freudenthal *et al.* (1994)

Familia CRICETIDAE Fischer, 1817

Género ***Megacricetodon*** Fahlbusch, 1964*Megacricetodon* aff. *primitivus* Mein y Freudenthal, 1971

Lámina 3, 1. Fig. 15.

Localidad. Loma Negra (LN)**Material y medidas.** LN-36: m1 izq. (1,29 x 0,83).**Descripción:**

m1. El anterocónido es simple y redondeado. El anterosénido y el protosénido están rodeados por una cresta. El anterolófido es completo. El metalofúlido y el hipolofúlido son transversales y cortos. El mesolófido es corto. No tiene ectomesolófido. El posterolófido es largo y descendente hacia el entocónido.

Discusión. El ejemplar que se describe se diferencia de *Megacricetodon collongensis* porque no tiene el anterocónido dividido. Según Daams & Freudenthal 1988; *M. collongensis* es típicamente indicador del Aragoniense medio en la Península Ibérica. Morfológicamente este ejemplar es muy parecido a los molares de *Megacricetodon primitivus* descritos en los yacimientos de Valtorres (localidad tipo del género) y en Pico del Fraile 2 (PF2). De todos modos, el material descrito difiere del *M. primitivus* en la ausencia de mesolófido, y en esto coincide con los descritos en Sancho Abarca 5 (SA5) y Pico del Fraile 2 (PF2).

Por ello, y por la falta de más material, se asigna este molar a *Megacricetodon* aff. *primitivus*.

Género ***Democricetodon*** Fahlbusch, 1964
Democricetodon aff. *hispanicus* Fahlbusch, 1964
 Lámina 3, 2-10. Fig. 13.

Localidad. Loma Negra (LN)

Material y medidas. Tabla 4.

Diente	parámetro	n	max.	min.	media
m2	L	3	1,31	1,18	1,25
	A	3	1,07	1,06	1,06
M1	L				
	A	1	1,02	1,02	1,02
M2	L	1	1,19	1,19	1,19
	A	1	1,13	1,13	1,13
M3	L	2	0,86	0,81	0,84
	A	2	0,92	0,81	0,87

Tabla 4: Cuadro resumen de las medidas dentarias (en mm.) de *Democricetodon* aff. *hispanicus* de la localidad de Loma Negra.

Descripción:

m2. Tiene un pequeño cíngulo labial. El mesolófidio es bastante largo. El posterolófidio cierra el posterosénido.

M1. El diente está desgastado, y la zona del anterocono y el hipocono están fragmentados. Pese a ello, se aprecia que tiene el anterocono simple. El mesolofio es bastante largo, pero no llega al frente labial. El metalófulo parece que es simple.

M2. El mesolofio es largo. El entolofio curvo. El hipocono está bien desarrollado. El metalófulo es transversal. El posterolofio se conecta al metacono. El posteroseno es mayor que el anteroseno.

M3. Uno de los ejemplares está muy desgastado, y únicamente se aprecian dos cúspides. El otro está bien conservado y presenta una morfología dentaria simple con el desarrollo de las tres cúspides principales (paracono, protocono y hipocono), el anterolofio y el posterolofio. No presenta ni mesolofio ni axiolofio.

Localidad. Punta de la Negra 3 (PN3)

Material y medidas. PN3-4: m3 der. (1,39 x 1,18).

Descripción:

m3. No tiene anterolófidio. No tiene mesolófidio. El hipolofúlido es corto. El posterolófidio cierra el posterosénido.

Localidad. Punta de la Negra 4 (PN4)

Material y medidas. PN4-7: M3 izq. (0,90 x 0,88)

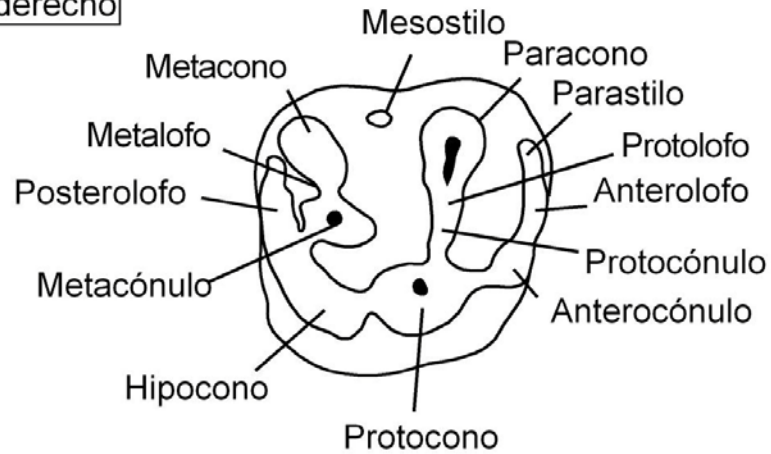
Descripción:

M3. Presenta una morfología dentaria simple con el desarrollo de las tres cúspides principales (paracono, protocono y hipocono), el anterolofo y el posterolofo. No presenta ni mesolofo ni axiolofo.

Discusión. Según Van der Meulen *et al.* (2003) los géneros *Fahlbuschia*, *Pseudofahlbuschia* y *Renzimys* son sinonimias de *Democricetodon*. Pero Freudenthal (2005) propone mantener los diferentes géneros. Esta discusión aún está vigente en la actualidad. Por eso se ha utilizado una clasificación anterior a 2004 en este trabajo.

Por la presencia en el M1 de un anterocono no subdividido podemos incluir nuestro material en el género *Democricetodon*. Las medidas dentarias y la morfología dentaria son similares a las de la especie *Democricetodon hispanicus* y menores que las que presentan las especies *Falbuschia koenigswaldi*, *Pseudofalbuschia jordensi* y *Democricetodon moralesi*. Morfológicamente se parece mucho a los ejemplares descritos por Ruiz-Sánchez *et al.* (en prensa) en las localidades cercanas Pico del Fraile 2 (PF2) y Sancho Abarca 5 (SA5) como *Democricetodon* nov. sp., aff. *D. hispanicus*. Además, esas dos localidades también se correlacionan estratigráficamente con las aquí estudiadas. Por falta de material, hemos preferido clasificarlo como *Democricetodon* aff. *hispanicus*.

M1,2 derecho



m1,2 derecho

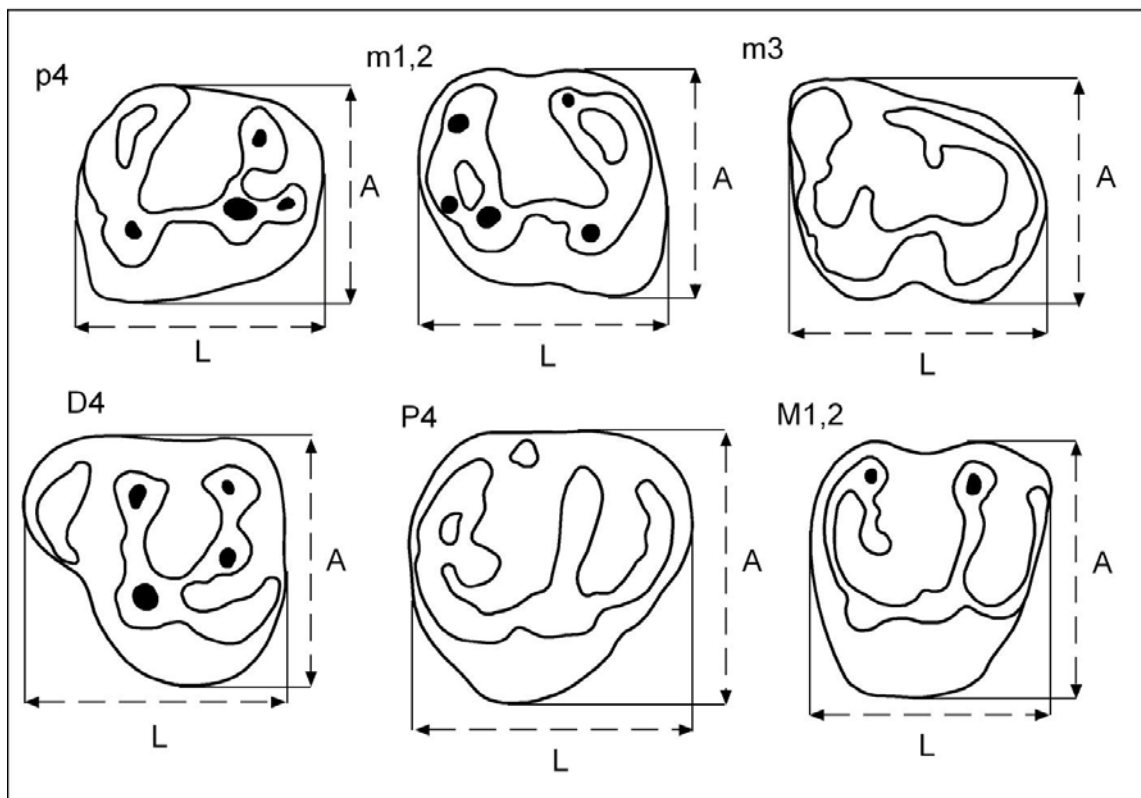
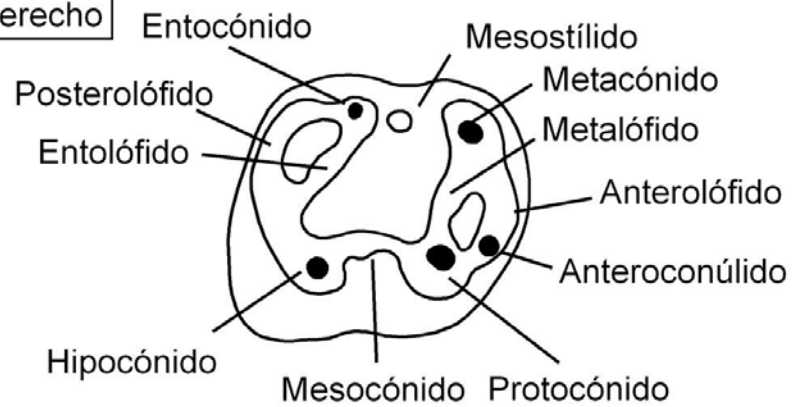


Fig. 16: Nomenclatura y esquema de medidas utilizados con los Sciuridae. Modificado de Cuenca (1988).

Familia SCIURIDAE Gray, 1821

Género *Heteroxerus* Sthelin y Schaub, 1951
Heteroxerus rubricati Crusafont, Villalta y Truyols, 1955
Lámina 3, 16. Fig. 16

Localidad. Loma Negra (LN)

Material y medidas. LN-56: M1,2 izq. (1,69 x 1,36).

Descripción.

M1,2. Presenta el contorno oclusal subcuadrangular. Las cuatro cúspides principales (protocono, paracono, metacono e hipocono) están bien desarrolladas. Tiene los cuatro cónulos desarrollados (anterocónulo, protocónulo, metacónulo e hipocónulo). El metacónulo es el más alto y mejor desarrollado, con una amplia base circular y más alto que el metacono. El ejemplar no tiene mesostilo. El anterolofo está unido lingualmente al anterocónulo y este a su vez al protocono. El protocono y el paracono están unidos por el protolofo. El anterocónulo, el protocono y el hipocono se unen lingualmente por medio de una cresta longitudinal. El metacono y el metacónulo están unidos por el metalofo y, el conjunto se une al posterolofo mediante una cresta que parte del metacónulo. Así, el metacono y el hipocono están unidos mediante el petalofo y el posterolofo.

Discusión. Se atribuye este diente a la especie *Heteroxerus rubricati* porque no posee mesostilo ni crestas accesorias y por su talla, que según Cuenca (1988), está dentro del rango de esta especie. Además en el rango de edad que nos encontramos es un sciurido muy típico, casi exclusivo.

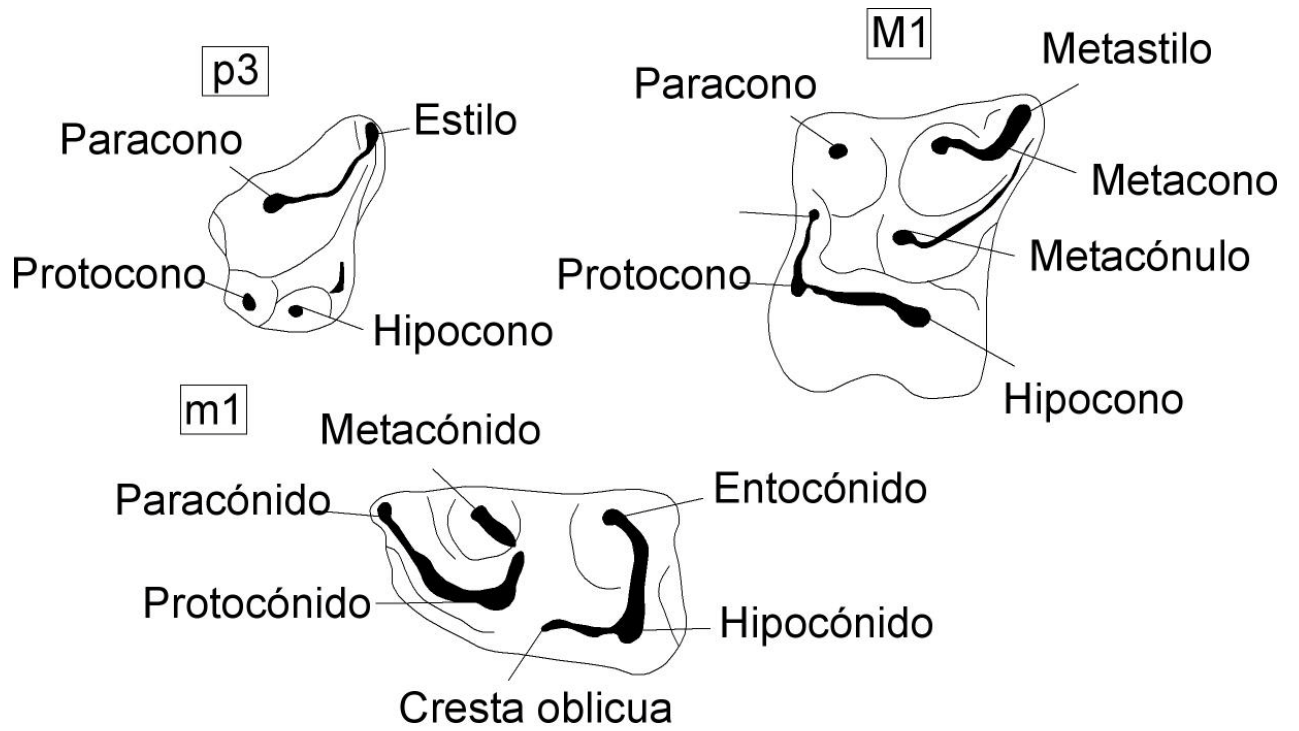


Fig. 17: Nomenclatura y esquema de medidas utilizados con los insectívoros. Se ha tomado como modelo el género *Galerix*. Modificado de Jong (1988).

Orden EULIPOTYPHILA Waddel PJ, Okada N, Hasegawa M. 1999

Familia ERINACEIDAE Fischer, 1814

Género ***Galerix*** Pomel, 1848*Galerix* sp.

Lámina 3, 12-15. Fig. 17

Localidad. Loma Negra (LN)**Material y medidas.** LN-53: P2,3, LN-54: P2,3 y LN-55: M1,2 izq. (1,67 x 2,72).**Descripción.**

P2,3. Es de contorno oclusal subelíptico y unicuspidado. El borde posterior puede ser recto o convexo, y en uno de los ejemplares presenta una zona plana que llega a ser 1/3 de la longitud total del diente.

M1,2. Pese a que el diente esté fracturado se aprecia que el contorno es rectangular. Se aprecian cuatro cúspides y el protocono es la mayor de ellas. El paracono, el hipocono y el metacónulo son de tamaño parecido. La rama posterior del protocono es más larga que la del hipocono y que la rama lingual del metacónulo. La unión de estas tres ramas dibuja una morfología de crestas en "Y". El hipocono está bien individualizado y su extremo lingual es redondeado. La pendiente labial del protocono y del hipocono es mucho más pronunciada que la lingual. Como el diente está fragmentado por la zona del metastilo, este no se puede describir. Presenta un cíngulo anterior, el cual va desde el parastilo hasta la mitad del protocono, y uno posterior que parece que conectaría el extremo posterolingual del metastilo con la base labial del hipocono.

Localidad. Punta de la Negra 3 (PN3)**Material y medidas.** PN3-5: p2,3.**Descripción.**

p2,3. Es de contorno subelíptico. Solo presenta una cúspide que tiene el borde anterior convexo y el posterior recto.

Discusión. La morfología del molar superior es típica del género *Galerix*, pero con el poco material que se dispone no se puede llegar a determinar la especie. La talla del molar superior entra dentro de la variabilidad que se observa tanto para la especie *Galerix exilis* (Jong, 1988) y *G. aurelianensis* (Ziegerl, 1990).

Familia SORICIDAE Fischer, 1814

Género **Miosorex** Kretzoi, 1959

Miosorex sp.

Lámina 3, 11. Fig. 17

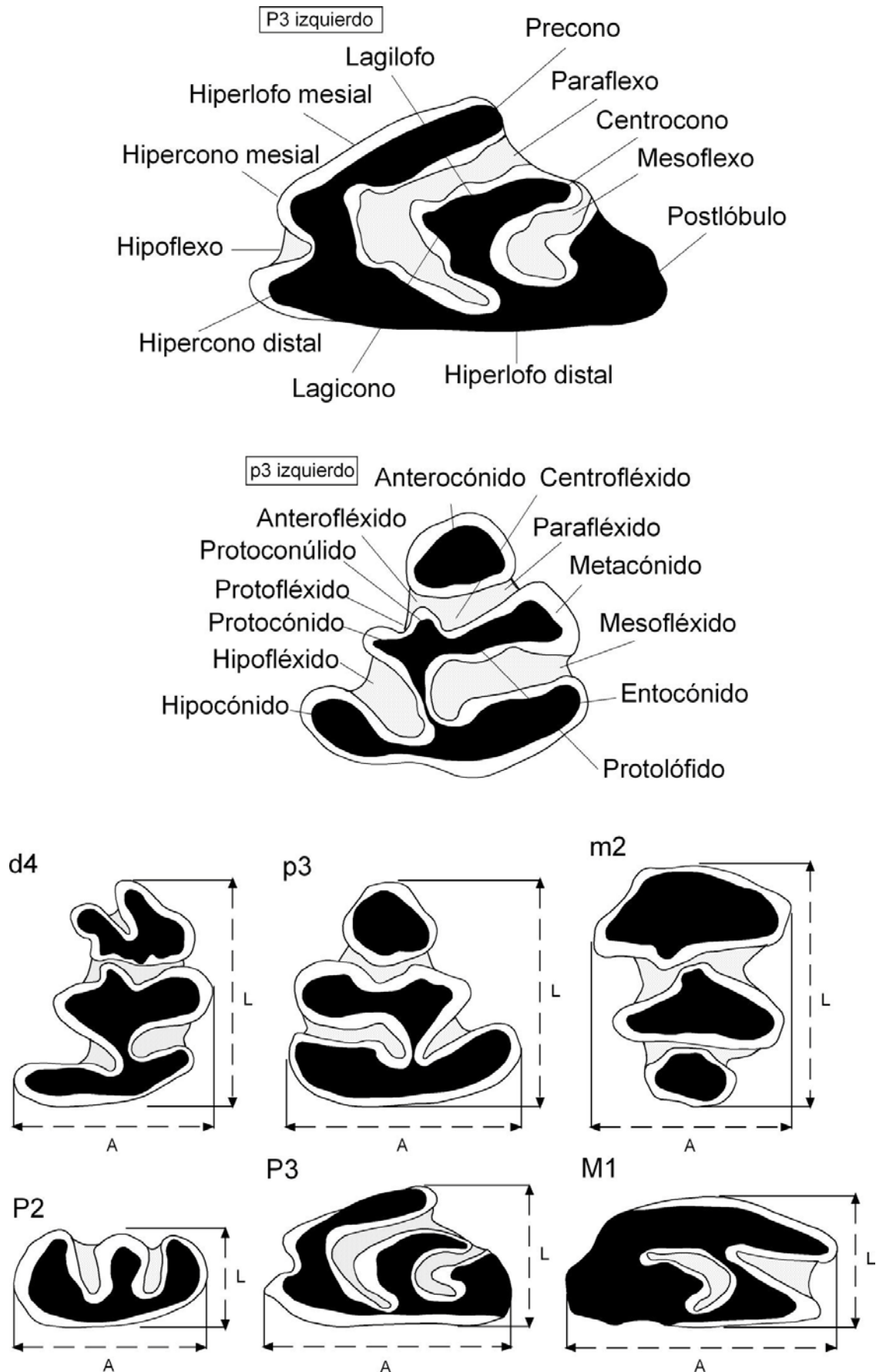
Localidad. Loma Negra (LN)

Material y medidas. LN-48: m3 izq. (0,58 x 1,03).

Descripción.

m3. El talónido es más pequeño que el trigónido, y un poco más estrecho. El hipocónido y el entocónido se diferencian mediante un surco en el talónido. Una cresta oblicua termina en el metacónido. El cíngulo labial es estrecho y continúa hasta el cíngulo anterior mejor desarrollado.

Discusión. Con una única pieza dentaria entera no se ha podido llegar a una identificación taxonómica de detalle, y tan solo se ha llegado a nivel genérico. El resto de fragmentos dentarios de Soricidae que se han recuperado no dan información suficiente, debido a su mal estado de conservación. De todos modos el género *Miosorex* es muy común en el Aragoniense y en el Vallesiense (van den Hoek Ostende *et al.*, 2012).



Orden LAGOMORPHA Brandt, 1855

Familia OCHOTONIDAE Thomas, 1897

Lámina 3, 17. Fig. 18.

Localidad. Loma Negra (LN)

Material y medidas. LN-57: P2. der. (0,99 x 2,05).

Descripción.

P2. Presenta un contorno oclusal subrectangular. El paraflexo y el metaflexo son estrechos y están curvados hacia el lado lingual. El postlóbulo es de forma triangular y oblicuo, inclinado en sentido labial. Carece de hipoflexo.

Discusión. Con un material tan escaso y poco determinativo no se puede hacer una determinación mayor que la de a nivel de familia. Sin embargo, por la edad en la que nos situamos podría tratarse del género *Lagopsis* o *Prolagus*.

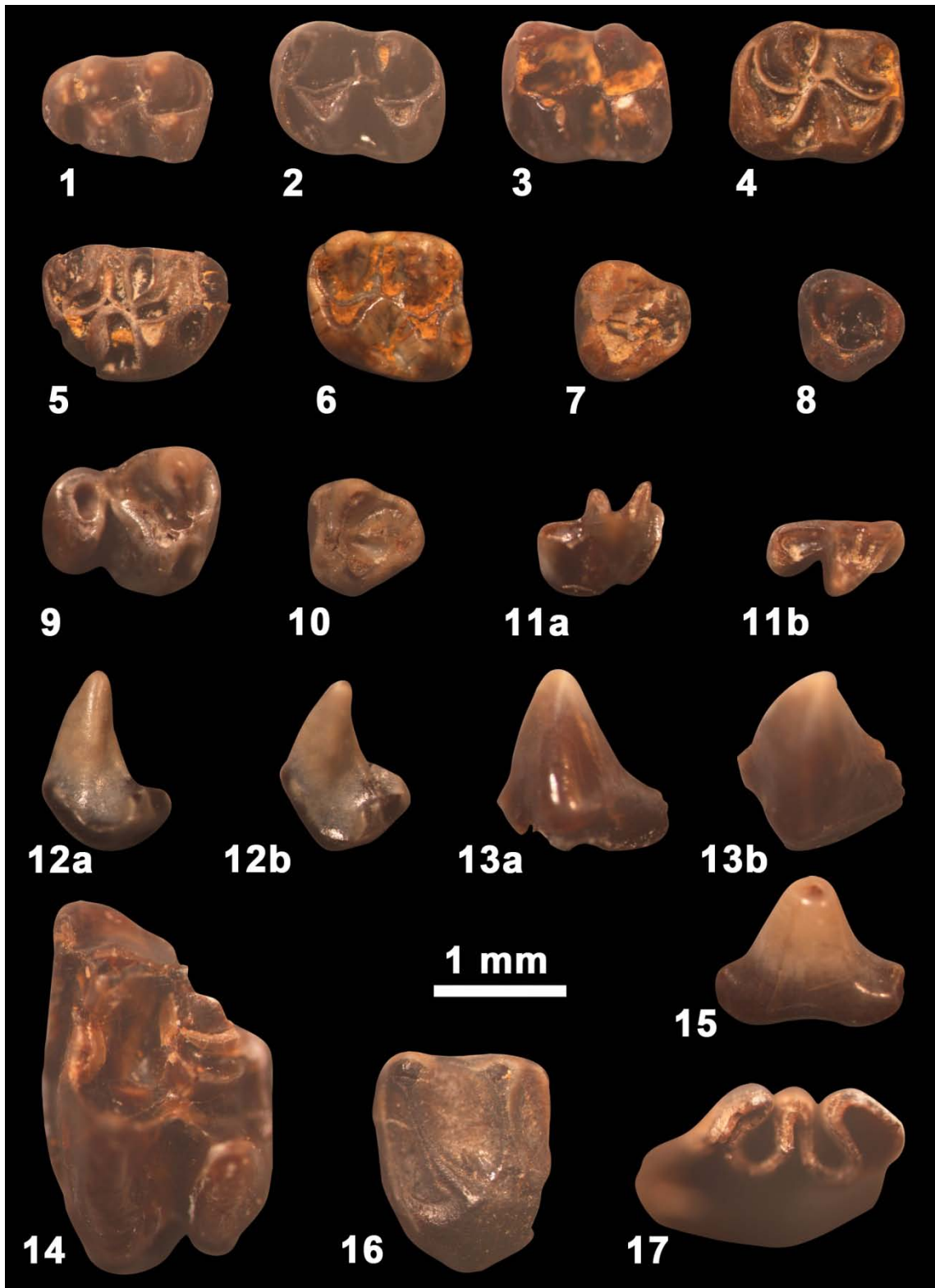


Lámina 3. *Megacricetodon* aff. *primitivus* **1:** LN-36, m1 izq. *Democricetodon* aff. *hispanicus* **2:** LN-38, m2 izq. **3:** LN-39, m2 izq. **4:** LN-40, m2 der. **5:** LN-44, M1 izq. **6:** LN-45, M2 der. **7:** LN-46, M3 izq. **8:** LN-47, M3 izq. **9:** PN3-4, m3 der. **10:** PN4-7, M3 izq. *Miosorex* sp. **11a:** LN-48, m3 izq. (lingual). **11b:** LN-48, m3 izq. (oclusal). *Galerix* sp. **12a:** LN-53, P2,3. **12b:** LN-53, P2,3. **13a:** LN-54, P2,3. **13b:** LN-54, P2,3. **14:** LN-55, M1,2 izq. **15:** PN3-5, p2,3. *Heteroxerus rubricati* **16:** LN-56. M1,2 izq. Ochotonidae indet. **17:** LN-57, m3 izq.

VIII. Resultados y discusión

Bioestratigrafía

De los 75 dientes que se han recuperado en este trabajo, 72 pertenecen a micromamíferos y solo tres a peces. De esos 72 dientes que se han descrito en esta memoria la mayoría provienen del yacimiento de Loma Negra, que es en el que más sedimento se ha recogido. En total 45 dientes pertenecen a la especie *Vasseuromys cristinae*. 15 son cricétidos que se asocian a *Democricetodon* aff. *hispanicus* y *Megacricetodon* aff. *primitivus*. 10 son insectívoros, pero por su mal estado de conservación y ejemplares no diagnósticos solo se ha llegado a nivel de género en su identificación taxonómica. Por lo tanto estos insectívoros se asocian a los géneros *Miosorex* y *Galerix*. El único diente de sciurido que se ha recuperado pertenece a la especie *Heteroxerus rubricati*. El único diente de lagomorfo que se ha obtenido no se ha podido asociar a un género, dada su morfología poco diagnóstica.

A excepción del glirido los taxones descritos en este trabajo no se han clasificado con seguridad a nivel de especie. *V. cristinae* solamente se conoce en los yacimientos de PF2 y SA5 (Ruiz-Sánchez *et al.*, 2012a, en prensa) a los que se les atribuye una edad C-D. *Democricetodon hispanicus* se conoce en la Cuenca de Calatayud-Teruel en niveles pertenecientes a la biozona B (Van der Meulen *et al.*, 2003). En los niveles citados anteriormente de PF2 y SA5 se ha encontrado una forma que ha sido clasificada también como *D. aff. hispanicus*. Solamente disponemos de un molar que puede ser atribuido con ciertas dudas a *M. aff. primitivus* que se suele encontrar en yacimientos de la biozona C-D (Daams y Freudenthal, 1988). Aún teniendo en cuenta que haría falta disponer de más material para poder realizar atribuciones sistemáticas más precisas, una posibilidad sería que al tener taxones de las biozonas B y C es muy probable que los niveles estudiados en este trabajo se sitúen en la biozona C. Si tras conseguir en el futuro más material se confirma la presencia de *D. hispanicus* habría que aumentar su distribución hasta la biozona C (MN4).

Calibración magnetoestratigráfica

Estratigráficamente las dos series estudiadas en este trabajo se pueden correlacionar con la serie de Pico del Fraile y la de Sancho Abarca (fig. 19), que ya disponen de un estudio magnetoestratigráfico. Por lo que, con estos datos, se puede realizar una correlación de la serie magnetobioestratigráfica con los yacimientos descritos en este trabajo. De esta manera a excepción de nivel más antiguo (PN2) que se sitúa en el cron C5Cn el resto (PN3, PN4, PN5 y LN) se ubican en el cron C5Br (fig. 20).

En niveles por debajo de PN2 se han recogido muestras de prueba que han resultado ser estériles, por lo que no disponemos de información bioestratigráfica entre el yacimiento de PF1 (fig. 18) y LN y por lo tanto no podemos aportar información sobre los límites de las biozonas A y B ni las biozonas B y C.

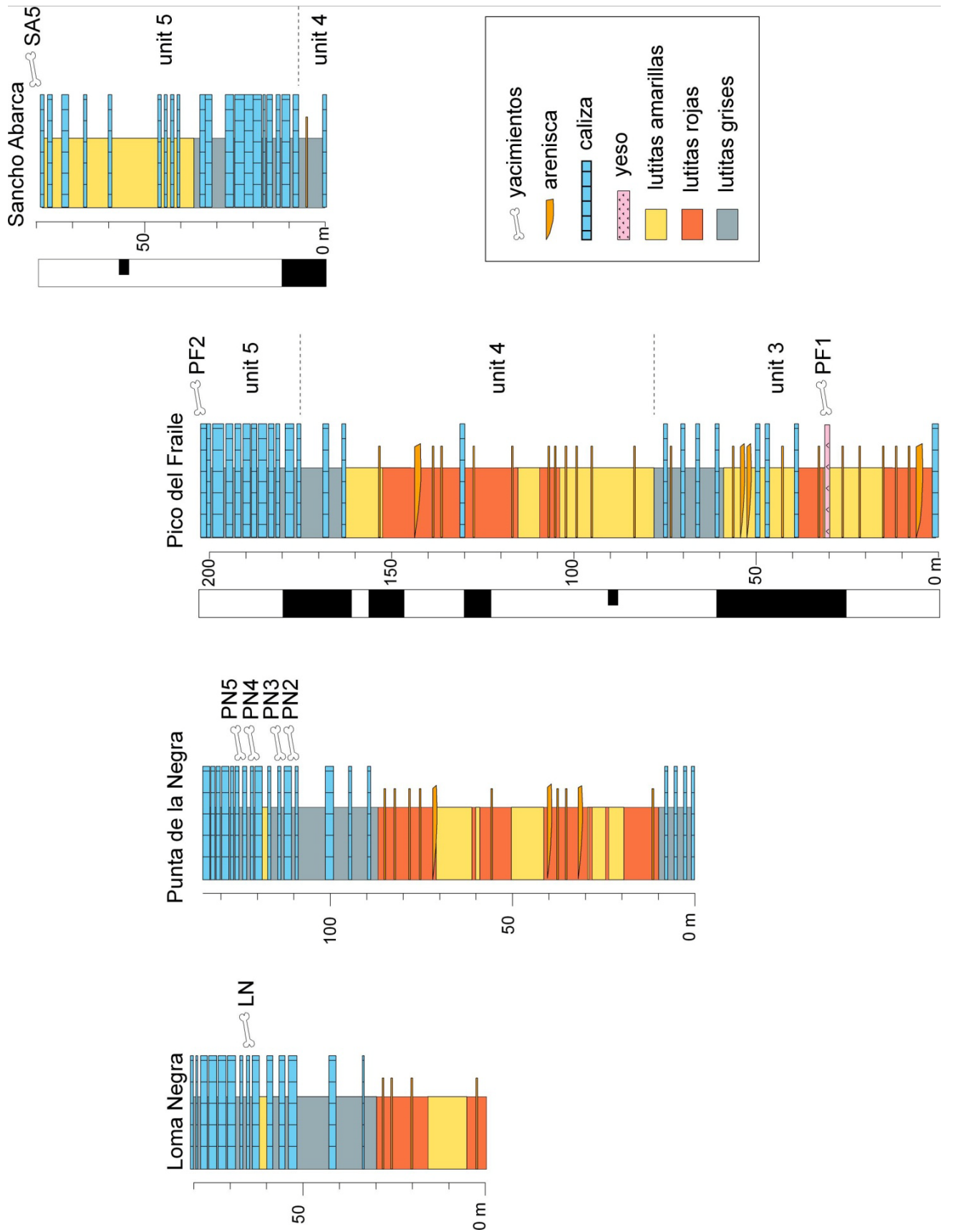


Fig. 19: Correlación litológica de las columnas estratigráficas de Loma Negra (LN), Punta de la Negra (PN), Pico del Fraile (PF) y Sancho Abarca (SA). Las columnas de PF y SA están tomadas de Larrasoña *et al.* (2006).

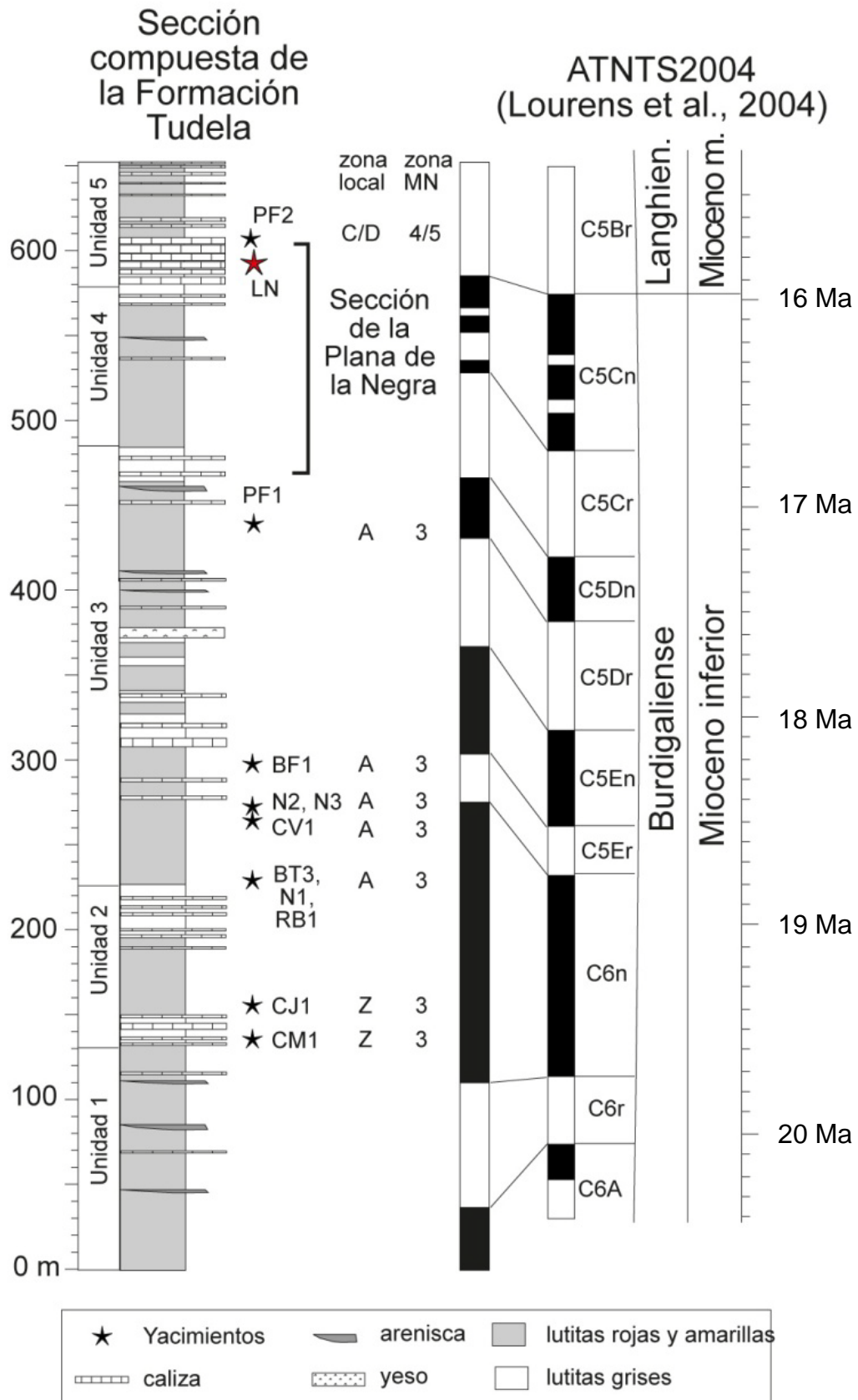


Fig. 20: Columnas litoestratigráfica y magnetoestratigráfica de la Formación Tudela y su correlación con la escala ATNTS2004 de Lourens *et al.* (2004). Modificado de Ruiz-Sánchez *et al.* (2012a).

De todos modos, nuestros datos indican que el límite entre el Rambliense y el Aragoniense (biozonas A/B) ha de estar entre Pico del Fraile 1 (PF1) y Loma Negra (LN). Esto apoyaría la hipótesis de Agustí *et al.* (2011) que sitúan dicho límite en torno a los 17 Ma. Nuevos datos paleontológicos obtenidos en las secciones que se presentan en esta memoria podrían ayudar a precisar ese límite.

Paleoecología

Al utilizar los fósiles de mamíferos para inferir características paleoclimáticas nos basamos en el principio del actualismo y se asume que las preferencias climáticas de un animal extinto fueron parecidas a las de sus parientes vivos más próximos. Dependiendo del clima y el ambiente que se den en un lugar determinado las asociaciones de micromamíferos pueden variar. Estas variaciones se relacionan con cambios de la vegetación, así algunos taxones se asocian a zonas húmedas y otros a zonas áridas.

Con la sucesión temporal de toda esta información pueden hacerse reconstrucciones paleoclimáticas a lo largo del tiempo. Y, junto con los datos sedimentarios, aportar información sobre la formación y evolución de la cuenca en que se depositaron los materiales.

Para poder hacer inferencias paleoclimáticas, previamente hay que asumir una serie de suposiciones básicas sobre la preferencia de hábitat de varios grupos de roedores. La forma de vida de los micromamíferos se extrapola de la de los representantes actuales en los casos en los que es posible (Daams, 1997).

La asociación descrita en este trabajo está dominada por la especie *V. cristinae* que por su morfología dental complicada sería una especie de preferencias ecológicas boscosas y húmedas (Daams, 1997). El siguiente taxón más abundante sería *Democricetodon*, al cual también se le atribuyen condiciones ambientales húmedas (Daams, 1997). Sin embargo los taxones propios de ambientes más secos y abiertos como los sciuridos se encuentran representados únicamente por un solo molar.

En conclusión, la reconstrucción ambiental que proponemos, al menos para el nivel LN (donde se ha recogido una mayor cantidad de muestra), es de un medio húmedo y boscoso. Esta interpretación podría casar con la posibilidad de que estos niveles se ubicasen en la biozona C, ya que en esta biozona las condiciones se mantienen húmedas antes del descenso de la humedad y aumento de la temperatura que se da a partir de la biozona D (fig. 21).

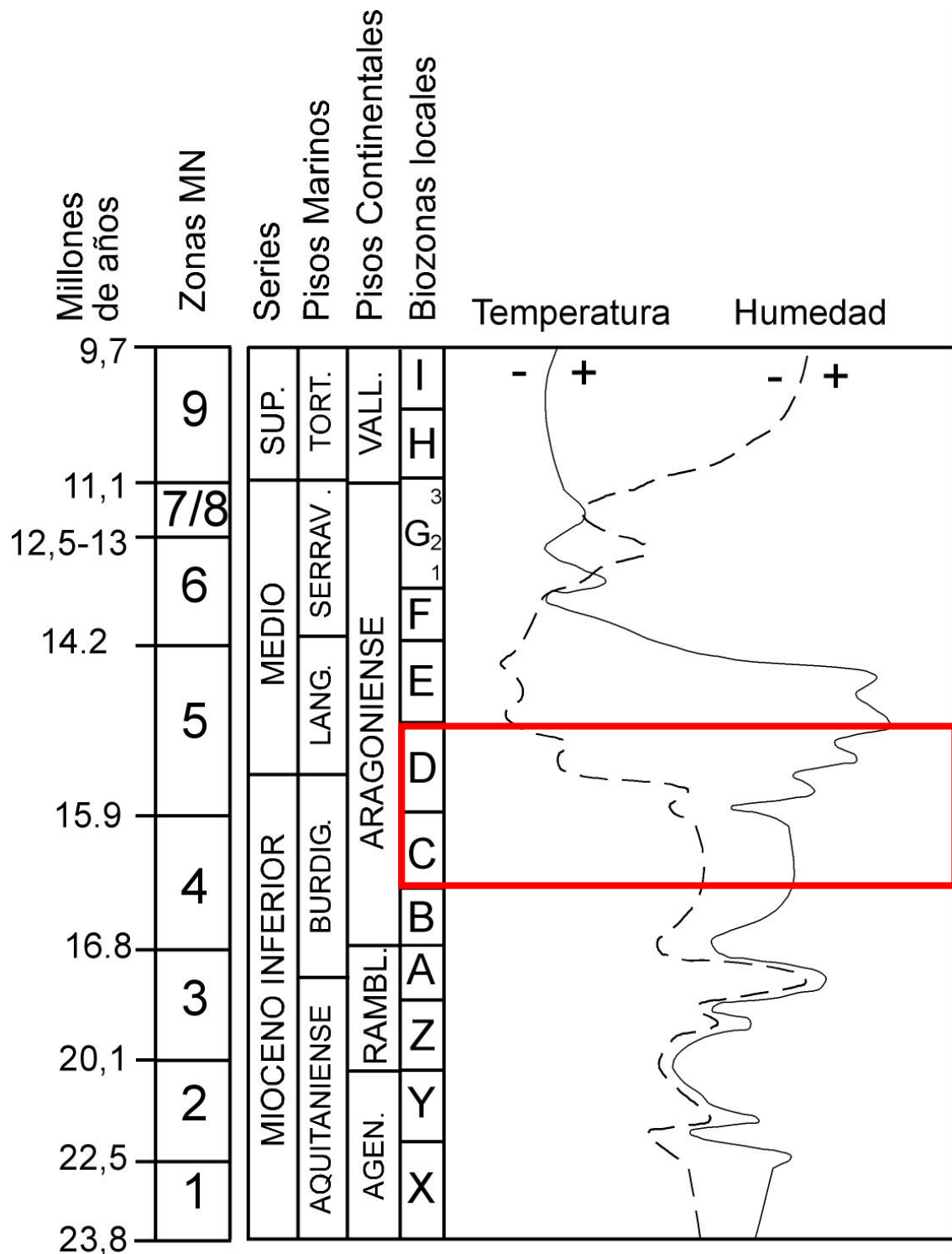


Fig. 21: Curva de temperatura (línea continua) y humedad (línea discontinua) relativas para el Neógeno continental de España central obtenida a partir de los porcentajes de presencia de los roedores. En rojo se representa el intervalo temporal registrado en la zona estudiada. Modificado de Daams *et al.* (1997).

IX. Conclusiones

Se han recogido muestras en siete niveles de los cuales cinco han proporcionado restos de micromamíferos.

La correlación litoestratigráfica de las series estudiadas en este trabajo con las de Sancho Abarca y Pico del Fraile nos ha permitido situar estratigráficamente los yacimientos encontrados durante la realización de este trabajo por debajo de Pico del Fraile 2 y encima de Pico de Fraile 1.

Gracias a esta correlación litoestratigráfica podemos situar los yacimientos estudiados en este trabajo en las series magnetoestratigráficas de Pico del Fraile y Sancho Abarca. De esta manera el yacimiento PN2 se situaría en el cron C5Cn y el resto en el C5Br.

La asociación faunística encontrada está formada por los siguientes taxones: *Vasseuromys cristinae*, *Democricetodon* aff. *hispanicus*, *Megacricetodon* aff. *primitivus*, *Heteroxerus rubricati*, *Miosorex* sp., *Galerix* sp. y Ochotonidae indet.

Pese a la escasez de restos recuperados y a que las determinaciones taxonómicas que hemos podido realizar no han podido ser realizadas con seguridad a nivel de especie, se podría asignar a los niveles estudiados la biozona C (MN4).

Las afinidades ecológicas de los taxones representados indican que en el momento de depósito de los restos las condiciones debían ser más bien húmedas y que rodeando al lago se habría desarrollado una masa boscosa importante. Si la ubicación en la biozona C fuese correcta, los datos paleoecológicos encajarían bien con la curva de temperatura y humedad obtenida mediante las proporciones relativas de roedores en otras cuencas de la Península Ibérica.

Los datos obtenidos en el presente trabajo indican que las secciones de Loma Negra y Punta de la Negra pueden aportar importante información para la calibración magnetobiocronológica del Mioceno inferior-medio, por lo que se trata de una interesante zona para seguir trabajando.

X. Agradecimientos

En primer lugar quiero dedicar este trabajo a una persona que ni siquiera lo vio empezado. Una persona que siempre me ha apoyado y animado, de pequeño, recogiendo piedras conmigo, más adelante, comprándome libros. Muchas gracias, aitxi, mila esker.

A continuación quiero expresar mi agradecimiento a las personas y entidades que me han ayudado en la realización del presente estudio, en especial:

A mis directores, Xabi y Juan por todo el trabajo que han hecho para que esta memoria haya podido salir adelante y por todo lo que me han enseñado.

A Carlos Sancho, por haber accedido a tutorizar este trabajo, y porque ahora, gracias a él, el Cuaternario ha dejado de ser una simple mancha gris en el mapa.

A Paco Ruiz-Sánchez, por todo lo que me ha enseñado y me enseñará.

A Matthijs Freudenthal, Paco Ruiz-Sánchez (una vez más) y Mar González-Pardos por ayudarme a encontrar y muestrear el yacimiento de Loma Negra. Y también, a Peru Bilbao y Asier Markuerkiaga por acompañarme al campo.

A Salvador García por esos momentos que hemos pasado mientras lavábamos el material, y por supuesto al Aula Paleontológica de Cenicero, que sin Salva nunca hubiera existido.

A Amaia Ordiales por ayudarme en la ardua labor de triar.

A Juan Rofes, por aguantarme en todos esos cafés y ayudarme con los insectívoros que aquí se han descrito.

A la Comunidad de Bardenas Reales de Navarra por todo el apoyo logístico prestado, en especial a Alejandro Urmeneta, y cómo no, a Amaia, Lucia y Pedro, por acogernos siempre con los brazos abiertos.

A los miembros del Departamento de Estratigrafía y Paleontología de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea y a los del Área de Paleontología de la Universidad de Zaragoza por su ayuda y por dejarme utilizar su infraestructura.

A Iñaki Canudo, José Antonio Arz, Nacho Arenillas, Concha Arenas y Arsenio Muñoz por todos los consejos que me han dado, y por todo lo que he aprendido con ellos durante este curso que, para la realización de esta memoria, me ha sido de gran ayuda.

A los compañeros del Máster, por todos esos momentos que hemos pasado y, espero, seguiremos pasando. *“Pudiera llegar el día en que olvidáramos a nuestros compañeros y se rompieran los lazos de nuestra comunidad, pero hoy no es ese día”*

A mi madre y a mi padre, por el apoyo moral que me han dado desde pequeño, y por la ayuda técnica que me han dado en la realización de este proyecto, con las figuras y la redacción. Y, por supuesto, a mi familia y amigos, que en mayor o menor medida han intentado entender lo que hago.

A todos, muchas gracias, eskerrik asko, moltes gràcies.

XI. Bibliografía

- Abdul Aziz, H., Hilgen, F. J., Krijgsman, W., Sanz-rubio, E. y Calvo, J. P. (2000). Astronomical forcing of sedimentary cycles in the middle to late Miocene continental calatayud Basin (NE Spain). *Earth Planet. Sci. Lett.*, 177, 9-22.
- Abdul Aziz, H., sanz-Rubio, E., Calvo, J. P., Hilgen, F. J. y Krijgsman, W. (2003). Palaeoenvironmental system in the Calatayud Basin (NE Spain). *Sedimentology*, 50, 211-236.
- Agustí, J., Cabrera, L., Garcés, M., Krijgsman, W., Parés, J.M. (2001). Acalibrated mammal scale for the Neogene of Western Europe. State of the art, *Earth Sci. Rev.* 52: 247–260.
- Agustí, J., Pérez-Rivarés, F.J., Cabrera, L., Garcés, M., Pardo, G. & Arenas, C. (2011). The Ramblian-Aragonian boundary and its significance for the European Neogene continental chronology. Contributions from the Ebro Basin record (NE Spain). *Geobios* 44, 121-134.
- Alastrué, E. (1958). Nota sobre la estratigrafía de las Bardenas en su extremo meridional. *Notas y Comunicaciones del IGME*, 50 fac. 2.
- Alonso-Zarza A.M., Armenteros, A., Braga, J.C., Muñoz, A., Pujalte, V., Ramos, E., Aguirre, J., Alonso-Gavilán, G., Arenas, C., Baceta, J.I., Carballeira, J., Calvo, J.P., Corrochano, A., Fornós, J.J., González, A., Luzón, A., Martín, J.M., Pardo, G., Payros, A., Pérez, A., Pomar, L., Rodríguez, J.M., Villen y, J. Tertiary, (2002) in: W. Gibbons, T. Moreno (Eds.), *The Geology of Spain*, Geological Society, 2002, pp. 293–334.
- Andrews, P. (1992). The basis for taphonomic research on vertebrate fossils. En: Fernández-López S., *Conferencias de la reunión de tafonomía y fosilización*. Editorial Complutense, Madrid. 33-43.
- Aranzazu, J. M. (1860). Esqueleto de una cabeza de rinoceronte encontrado en Briviesca. *Rev. Min.* 11, 27-29.
- Arenas, C. y Pardo, G. (1999). Latest Oligocene-late Miocene lacustrine systems of the north-central part of the Ebro Basin (Spain) sedimentary facies model and paleogeographic synthesis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 151: 127-148.
- Astibia, H.; Mazo, A.V.; y Santafé, J.V. (1985). Los macromamíferos del Mioceno medio de las Yeseras de Monteagudo (Depresión del Ebro, Navarra). *IV Congreso Latinoamericano de Paleontología*. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 415-441.
- Astibia, H. (1986). *Los macromamíferos del Mioceno medio de Tarazona de Aragón (Depresión del Ebro, provincia de Zaragoza)*. Tesis Doctoral, Universidad del País Vasco, (inédita), 265 pp.
- Astibia H., Ginsburg L., Janoo A., Martínez E., Murelaga X., Pereda-Suberbiola X. y Sesé C. (1995). Primeros datos sobre las faunas de tetrápodos fósiles del Terciario continental de las Bardenas Reales de Navarra (Depresión del Ebro). *XI Jornadas de Paleontología*, Tremp, 41-43.
- Azanza, B. (1986). Estudio geológico y paleontológico del Mioceno del sector Oeste de Borja (prov. de Zaragoza). *Cuadernos de Estudios Borjanos*. 17-18, 63-126.

- Baudelot, S. y de Bonis, L. (1966). Nouveaux Gliridés (Rodentia) de l'Aquitaniens du basin d'Aquitaine. *Comptes Rendus Sommaires Société Géologique de la France* 9, 342-343.
- Crusafont, M.; Villalta, J. F. y Truyols, J. (1955). El Burdigaliense continental de la Cuenca del Vallés-Penedés. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*. 83, 7-14.
- Crusafont, M.; Truyols, J. y Riba, O. (1966a). Contribución al conocimiento de la estratigrafía del Terciario continental de Navarra y Rioja. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, 90, 53-76.
- Crusafont, M.; Riba, O. y Villena, J. (1966b). Nota preliminar sobre un nuevo yacimiento de vertebrados Aquitanienses en Santa Cilia (Río Formiga; Provincia de Huesca) y sus consecuencias geológicas. *Memorias y Comunicaciones del Instituto Geológico C.S.I.C.*, 12, 273 pp.
- Cuenca, G. (1985). Los roedores (Mammalia) del Mioceno inferior de Autol (La Rioja). *Ciencias de la Tierra*. 2, 96 pp.
- Cuenca, G. (1988). Revisión de los Sciuridae del Aragoniense y del Ramblense en la fosa de Calatayud-Montalbán. *Scripta Geologica*. 87, 116 pp.
- Cuenca, G., Canudo, J.I., Laplana, C. y Andrés, J.A. (1992). Bio y cronoestratigrafía con mamíferos en la Cuenca Terciaria del Ebro: ensayo de síntesis. *Acta Geológica Hispánica*, 27(1-2): 127-143.
- R. Daams. (1976). Miocene rodents (Mammalia) from Cetina de Aragon (Prov. Zaragoza) and Bunol (Prov. Valencia) Spain I and II. *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie Van Wetenschappen* 79(3):152-182
- Daams, R. (1981). The dental pattern of the dormice Dryomys, Myomimus, Microdryomys and Peridyromys. *Tesis doctoral*. Univ. Utrech, 72 pp.
- Daams, R. y Freudenthal, M. (1981). Aragonian: The stage concept versus Neogene mammal zones. *Scripta Geologica*, 62, 1-17.
- Daams, R., Freudenthal, M. y Álvarez, M. A. (1987). Ramblian: a new stage for continental deposits of Early Miocene age. *Geologie en Mijnbouw*, 65, 297-308.
- Daams, R. y Freudenthal, M. (1988). Synopsis of the Dutch-Spanish collaboration program in the Aragonian type area, 1975-1986, 3-18. In Freudenthal, M. (ed) *Biostratigraphy and paleoecology of the Neogene micromammalian faunas from the Calatayud-Teruel Basin (Spain)*, *Scripta Geologica Special Issue* 1.
- Daams, R. y Meulen, A.J. Van der (1989). Implicaciones paleoclimáticas y paleoecológicas de las sucesiones de micromamíferos en el Neógeno de la Cuenca de Calatayud-Teruel. En: *E. Aguirre: Nuevas Tendencias en Paleontología*, C.S.I.C., 223-235.
- Daams, R.; Álvarez-Sierra, M. A.; Meulen, A. Van der. y Peláez-Campomanes, P. (1997). Los micromamíferos como indicadores de paleoclimas y evolución de las cuencas continentales. En: *Registros fósiles e Historia de la Tierra*. Eds: E. Aguirre, J. Morales, y D. Soria. 281-296.
- Ezquerro del Bayo, J. (1850). Ensayo de una descripción general de la estructura geológica del terreno de España en la Península. *Mem. R. Acad. Cienc*. Madrid. 161-184.

- Fernández-López, S. (1990). El significado de la autoctonía/alocronía tafonómica. *Com Reunión de Tafonomía y Fosilización*. Madrid, 1990. 115-124.
- Faci, E.; Castiella, J.; Del Valle de Lersundi, J.; García de Domingo, A.; Díaz de Neira, A.; Salvany, J. M.; Cabra, P.; Ramírez, J. y Meléndez, A. (1995): Mapa Geológico de Navarra, E. 1:200.000, *Diputación Foral de Navarra*.
- Freudenthal, M. ; Hugueney, M. y Moissenet, M. (1994). The genus *Pseudocricetodon* (Cricetidae, Mammalia) in the Upper Oligocene of the Province of Teruel (Spain). *Scripta Geologica*, 104, 57-114.
- Freudenthal, M. (2005). The status of *Democricetodon*, *Fahlbuschia*, *Pseudofahlbuschia* and *Renzimys* (Cricetidae, Mammalia). A reply to Van der Meulen et al. (2004). *Geobios* 39, 43-55.
- García Moreno, E. y López Martínez, N. (1986). *Ramys*, a new genus of Gliridae (Rodentia) from the lower Vallesian of Spain. *Proc. Kon. Ned. Akad. Wetensch.*, B, 89: 337-355.
- González, I. y Galán, E. (1984). Mineralogía de los materiales terciarios del área de Tarazona-Borja-Ablitas (Depresión del Ebro). *Estudios Geológicos* 40, 115-128.
- Gracia, J. y Simón, J. L. (1986). El campo de fallas miocenas de la Bardena Negra (Prov. de Navarra y Zaragoza). *Bol. Geológico y Minero*. 97-6, 693-703.
- Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Smith, A.G., Agterberg, F.P., Bleeker, W., Cooper, R.A., Davydov, V., Gibbard, P., Hinnov, L.A., House, M.R., Lourens, L., Luterbacher, H-P., McArthur, J., Melchin, M.J., Robb, L.J., Shergold, J., Villeneuve, M., Wardlaw, B.R., Ali, J., Brinkhuis, H., Hilgen, F.J., Hooker, J., Howarth, R.J., Knoll, A.H., Laskar, J., Monechi, S., Powell, J., Plumb, K.A., Raffi, I., Röhl, U., Sanfilippo, A., Schmitz, B., Shackleton, N.J., Shields, G.A., Strauss, H., Van Dam, J., Veizer, J., van Kolfschoten, Th., and Wilson, D., (2004). A Geologic Time Scale 2004. Cambridge University Press, ~500 pp
- Hernández, J. M^a (2000). *Sedimentología, paleogeografía y relaciones tectónica/sedimentación de los sistemas fluviales, aluviales y palustres de la cuenca rift de Aguilar (Grupo Campóo, Jurásico superior-Cretácico inferior de Palencia, Burgos y Cantabria)*. Tesis Doctoral, Universidad del País Vasco (inédita). 324 pp.
- Hernández-Pacheco, F. (1949). Las Bardenas Reales. Rasgos fisiográficos y geológicos. *Rev. Príncipe de Viana*, año 10 37, 472-440.
- Hillson, S. (2005). *Teeth*. Cambridge University Press. 388 pp.
- Jong, F. de (1988) Insectivora from the Upper Aragonian and Lower Vallesian of the Daroca-Villafeliche area in the Calatayud-Teruel basin (Spain). *Scripta Geologica Spec Issue*, 1, 253-285.
- Lacarra, E. (1919). Hallazgo importante en las Yeseras de Monteagudo (Navarra). *Bol. S. Nicolás Tolentino (P.P. Agustinos)*. 660-662.
- Lacarra, E. (1920). Hallazgo importante en las Yeseras de Monteagudo (Navarra) (conclusión). *Bol. S. Nicolás Tolentino (P.P. Agustinos)*, 385-345
- Larrasoña, J.C., Murelaga, X., and Garcés, M. (2006). Magnetobiochronology of Lower Miocene (Ramblian) continental sediments from the Tudela Formation (western Ebro basin, Spain). *Earth and Planetary Science Letters*, 243:409-423.

- López-Martínez, N. (1989). Revisión sistemática y bioestratigráfica de los Lagomorpha (Mammalia) del Terciario y Cuaternario de España. *Memorias del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza*. 3 (3), 342 pp.
- Lourens, L.J., Hilgen, F.J., Laskar, J., Shackleton, N.J., Wilson, D., (2004). The Neogene Period. In:
- Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Smith, A.G. (Eds.) (2004), *A Geologic Time Scale 2004*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 409-440.
- Mallada, L. (1882). Reconocimiento geológico de la provincia de Navarra. *Bol. Com. Map. Esp.* 9, 1-64.
- Mandado, J. y Tena, J. M. (1989). Las litofacies yesíferas de la transición entre la vertiente norte del macizo del Moncayo y el valle del Ebro. *Turiaso*. IX, 147-161.
- Mein, P. y Freudenthal, M. (1971). Une nouvelle classification des Cricetidae (Mammalia, Rodentia) du Tertiaire de l'Europe. *Scripta Geologica* 2:1-37.
- Mein, P. (1975). Biozonation du Néogène Méditerranéen à partir des Mammifères. *Report Act. RCMNS Work. Groups*, 78-81.
- Muñoz, A.; Pardo, G. y Villena, J. (1986). Análisis tectosedimentario del Terciario de la Depresión de Arnedo (Cuenca del Ebro, prov. de la Rioja). *Acta Geol.ógica Hispánica*, 21-22, 427-435.
- Muñoz, A. (1991). *Análisis tectosedimentario del Terciario del sector occidental de la Cuenca del Ebro (Comunidad de la Rioja)*. Tesis Doctoral, Univ. de Zaragoza, 496 pp.
- Murelaga, X. (2000). *Estudio de las faunas de vertebrados del mioceno inferior de las Bardenas Reales y áreas colindantes (Cuenca del Ebro, Navarra)*. Tesis Doctoral, Universidad del País Vasco, 363 pp.
- Murelaga, X., Pereda-Suberbiola, X., Lapparent de Broin, F., Derage, J.C., Duffaud, S., Astibia, H. y Badiola, A. (2002). Reptiles and amphibians from the Lower Miocene of the Bardenas Reales of Navarra (Ebro basin, Iberian Peninsula). *Geobios*, 35: 347-365.
- Murelaga, X., Larrasoana, J.C. y Garcés, M. (2004a). Nueva localidad fosilífera en el Mioceno inferior de las Bardenas Reales de Navarra (Cuenca del Ebro, Península Ibérica). *Geogaceta*, 36: 179-182.
- Murelaga, X., Astibia, H., Sesé, C., Soria, D. y Pereda-Suberbiola, X. (2004b). Mamíferos del Mioceno inferior de las Bardenas Reales de Navarra (Cuenca del Ebro, Península Ibérica). *Munibe*, 55: 7-102.
- Pardo, G., Arenas, C., González, A., Luzón, A., Muñoz, A., Pérez, A., Pérez-Rivarés, F.J., Vázquez-Urbez, M. y Villena, J. (2004). "La cuenca del Ebro". En: Vera, J.A. (ed) *Geología de España*, IGME y Sociedad Geológica de España, Madrid, 533-543.
- Peláez-Campomanes, P. (1993). *Micromamíferos del Paleógeno continental español: Sistemática, Biocronología y Paleoecología*. Tesis doctoral Universidad Complutense de Madrid (inédita), 390 pp.
- Pérez, A. (1989). *Estratigrafía y sedimentología del Terciario del borde meridional de la Depresión del Ebro (sector riojano aragonés) y cubetas de Muniesa y Montalbán*. Tesis Doctoral, Univ. de Zaragoza (inédita), 525 pp.

- Pérez, A. y Muñoz, A. (1985). Los abanicos aluviales del Mioceno de la comarca de Tarazona. *Turiaso*, VI, 373-384.
- Pérez, A., Muñoz, A., Pardo, G. y Arenas, C. (1989). Estratigrafía y sedimentología del Terciario de la región de Tarazona-Tudela (sector navarro-aragonés de la Depresión del Ebro). *Turiaso*, IX, 109-119.
- Pérez, A. y Villena, J. (1996). Caracterización sedimentológica de los sistemas aluviales del Terciario del margen ibérico de la Cuenca del Ebro (Sector Central). *Cuadernos de Geología Ibérica*. 21, 297-318.
- Retallac, G. J. (1988). Field recognition of paleosols. En: Reinhardt, J. & Wayne, R. S. (eds), *Paleosols by the Geological Time: principles and applications*. Editorial Geological Society of America. 216, 1-20.
- Riba, O. (1964). Estructura sedimentaria del Terciario Continental de la Depresión del Ebro en su parte Riojana y Navarra. Aportación española al XX Congreso Geográfico Internacional, Londres. 127-138.
- Ruiz de Gaona, M., Villalta, J.F. y Crusafont, M. (1946). El yacimiento paleontológico de las Yeseras de Monteagudo (Navarra). *Not. Y Com. Del IGME*, 16: 159-185
- Ruiz-Sánchez, F.J., Murelaga, X., Freudenthal, M., Larrasoña, J.C., Garcés, M., Crespo, V.D., Mansino, S. y González-Pardos, M. (2010). Pico del Fraile 2 (PF2), una nueva localidad de edad Aragoniense en la Cuenca del Ebro (Bardenas Reales de Navarra). *Publicaciones del Seminario de Paleontología de Zaragoza (SEPAZ)*, 9: 281-284.
- Ruiz-Sánchez, F.J., Murelaga, X., Freudenthal, M., Larrasoña, J.C. y Garcés, M. (2012a). A new species of glirid rodent *Vasseuromys* from the Aragonian (Miocene) of the Ebro Basin (north-eastern Spain). *Acta Palaeontologica Polonica* 57(2): 225-239.
- Ruiz-Sánchez, F.J., Murelaga, X., Freudenthal, M., Larrasoña, J.C. y Garcés, M. (2012b). *Vasseuromys ramblensis* sp. nov. (Gliridae, Mammalia) from the Ramblian (Lower Miocene) of the Tudela Formation (Ebro basin, Spain). *Paleontología electronica*, 15(1): 45-52.
- Ruiz-Sánchez, F.J., Murelaga, X., Freudenthal, M., Larrasoña, J.C., Furio, Garcés, M., González-Pardos, M. y Suárez-Hernando, O. (en prensa). Micromammalian faunas from the middle Miocene (middle Aragonian) of the Tudela Formation (Ebro Basin, Spain). *Bulletin of Geosciences*.
- Saenz, C. (1931). Nota acerca de la distribución estratigráfica del Terciario lacustre en la parte septentrional del territorio español. *Public. Conf. Hidro. Ebro*. 36, 3-29.
- Saenz, C. (1942). Estructura general de la Cuenca del Ebro. *Est. Geogr.* 7, 249-279
- Salvany, J. M. (1989). Los sistemas lacustres evaporíticos del sector navarro-riojano de la Cuenca del Ebro durante el Oligoceno y Mioceno inferior. *Acta Geológica Hispánica*, 24, 3-4, 231-241.
- Salvany, J. M.; Hernández, A.; Portero, G.; Pascual, H.; Navarro, J. J.; Simón, J. L.; Gil Peña, I.; Rodríguez Santisteban, R. y García Villar, A. (1995). Mapa Geológico de España, hoja 283, Fustiñana, E. 1:50.000. *Instituto Tecnológico Minero de España* : 55.
- Solé Sabarís, L. (1954). Sobre la estratigrafía de las Bardenas y los límites del Oligoceno y del Mioceno en el sector occidental de la Depresión del Ebro. *Rev. Real Soc. His. Nat.*, t. extr. homenaje a E. Hernández Pacheco: 637-657.

- van den Hoek Ostende, L.W., López-Guerrero, P., Peláez-Campomanes, P., Álvarez-Sierra, M. y García-Paredes, I. (2012). Early Late Miocene insectivores (Eulipotyphla, Mammalia) from the Cañada section (Province of Zaragoza, east Central Spain). *General palaeontology, systematics and evolution (Vertebrate palaeontology)*. *Comptes Rendus Palevol*: 668.
- van der Meulen, A.J. y Daams, R. (1992). Evolution of Early-Middle Miocene rodent faunas in relation to long-term paleoenvironmental changes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 93: 227-253.
- van der Meulen, A.J., Peláez-Campomanes, P. & Daams, R. (2003). Revision of medium sized Cricetidae from the Miocene of the Daroca-Villafeliche area in The Calatayud-Teruel basin (Zaragoza, Spain). *Coloquios de Paleontología, Volumen Extraordinario 1*, 385-441.
- Villena, J.; González, A. Muñoz, A.; Pardo, G. y Pérez, A. (1992). Síntesis estratigráfica del Terciario del borde Sur de la Cuenca del Ebro: unidades genéticas. *Acta Geológica Hispánica*. 27, (1-2), 225-245.
- Villena, J.; Pardo, G.; Pérez, A.; Muñoz, A. y González, A. (1996). The Tertiary of the Iberian margin of the Ebro Basin: 2) Paleogeography and Tectonic control. En: P. Friend y C. Dabrio (eds.), *Tertiary basins of Spain*, World and Regional Geology, 6, 83-88.
- Waddel, P.J., Okada, N., Hasegawa, M.. (1999). Towards resolving the interordinal relationships of placental mammals. *Systematic Biology* 48: 1-5.
- Weerd A. van de y Daams, R. (1978). Quantitative composition of rodent faunas in the Spanish Neogene and Paleoeological implications. (1 and 11). *Proc. Kon. Ned. Akad. Wet.*, Ser. 81, 448-473.
- Ziegerl, R. (1990). Didelphidae, Erinaceidae, Metacondontidae und Dimylidae (Mammalia) aus dem Oberoligozän und Untermiozän Süddeutschlands. *Sttugarter Beitr. Naturk.* Ser. B. 158.

Página web:

Sigpac, sistema de identificación de parcelas agrícolas (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Gobierno de España): <http://sigpac.mapa.es/fega/visor/>